

FACULDADE DE ENGENHARIA DE MINAS GERAIS
Programa de Pesquisa, Produção e Divulgação Científica

BRUNO DE OLIVEIRA ALVARENGA
LEONARDO SILVA PIGNATON
LUCAS HENRIQUE MARTINS CASCALHO

CASA DE ISOPOR: Um Sistema Construtivo Ecoeficiente

BELO HORIZONTE - MG
JUNHO / 2021

BRUNO DE OLIVEIRA ALVARENGA
LEONARDO SILVA PIGNATON
LUCAS HENRIQUE MARTINS CASCALHO

CASA DE ISOPOR: Um Sistema Construtivo Ecoeficiente

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao curso de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia de Minas Gerais (FEAMIG), como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Construção Civil

Orientador de conteúdo: Prof. Especialista Joubert Paulo Ferreira

Coorientador: Prof. Ms. Tálita Rodrigues de Oliveira Martins

Orientador (a) de metodologia: Prof. Ms. Raquel Ferreira de Souza

BELO HORIZONTE - MG

JUNHO / 2021

FACULDADE DE ENGENHARIA DE MINAS GERAIS

Instituto Educacional “Cândida de Souza”

Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **CASA DE ISOPOR: Um Sistema Construtivo Ecoeficiente**, de autoria dos alunos Bruno de Oliveira Alvarenga, Leonardo Silva Pignaton e Lucas Henrique Martins Cascalho, aprovados pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

Prof. Juber Paulo Ferreira
Orientador

Prof. Dr. ou Ms. #Nome Completo do Membro da Banca#
Membro da Banca

Prof. Dr. ou Ms. #Nome Completo do Membro da Banca#
Membro da Banca

Belo Horizonte - MG, 12 de junho de 2021.

Rua Gastão Bráulio dos Santos, 837 – Nova Gameleira – Belo Horizonte/ MG (31) 3372-3703

www.feamig.br / e-mail: feamig@feamig.br

CARTA DE ACEITE

Certificamos para os devidos fins que o artigo **CASA DE ISOPOR: UM SISTEMA CONSTRUTIVO ECOEFICIENTE** foi aceito para publicação no **4º CADERNO DE COMUNICAÇÕES UNIVERSITÁRIAS** do Simpósio de Engenharia, Arquitetura e Gestão – SEAG, promovido pelo Centro de Extensão da FEAMIG, nos dias 14, 15 e 16/05/2021 – **ISSN 2675-1879**.

Belo Horizonte, 09 de junho de 2021.

Professora Raquel Ferreira de Souza
Coordenadora do CENEX e do PPDC da FEAMIG
E-mail: raquel.ferreira@feamig.br

Em primeiro lugar dedicamos esse trabalho a Deus, por fazer parte das nossas vidas, aos nossos familiares, pois sem eles não teríamos conseguido alcançar mais uma etapa das nossas vidas.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pois, sem ele nos não teríamos capacidade para desenvolver este trabalho.

Ao nosso orientador Joubert Paulo Ferreira pelo incentivo, colaboração, confiança, amizade e por ter aceitado nos acompanhar nesse projeto e na jornada de aprendizado do curso.

À professora Tálita Rodrigues de Oliveira Martins por toda a ajuda na reta final, foi de extrema importância, permitindo o aperfeiçoamento técnico desta dissertação.

À nossa querida família, que tanto admiram, dedicamos o resultado do nosso esforço realizado ao longo deste percurso.

Foi pensando nas pessoas que executamos este projeto, por isso dedicamos este trabalho a todos aqueles a quem esta pesquisa possa ajudar de alguma forma.

*“Todas as descobertas humanas parecem ter sido feitas com o único propósito de confirmar, cada vez mais fortemente, as verdades contidas nas Sagradas Escrituras”,
(Isaac Newton)*

RESUMO

A utilização de novas tecnologias com o uso materiais alternativos, tornou-se necessário para minorar os impactos ambientais provocados pelo setor da construção civil. O presente trabalho pretende realizar uma pesquisa sobre as casas pré-fabricadas de isopor, buscando esclarecer a origem e como tal sistema tem sido utilizado, bem como os tipos de métodos existentes no mercado e os benefícios gerados na aplicação desse sistema. Torna-se interessante, nesse aspecto, aprofundar as pesquisas acerca da tecnologia e economia que o sistema apresenta e de como ele influencia na vida das pessoas e no meio ambiente. Explora-se a economicidade, a durabilidade, a eficiência, ecoeficiência, as etapas construtivas e elabora-se uma breve comparação entre estrutura com os painéis em EPS e a alvenaria convencional. Utilizou-se como metodologia de pesquisa a revisão bibliográfica e levantamento comparativo sobre os conteúdos citados, com a intenção de melhorar a compreensão sobre o assunto e abordar informações importantes, não só para a comunidade acadêmica visto que é um tema de importante relevância, para os setores sociais, econômicos e ambientais, contribuindo para as boas práticas de ações sustentáveis. Neste trabalho são apresentados os resultados de um estudo sobre sistema construtivo de painéis em EPS e seus custos quando comparados com a alvenaria convencional, onde foi realizado orçamentos de empreendimento residencial nos dois sistemas construtivos citados e efetuado a tabela de comparações.

Palavras-chave: Casa de Isopor. EPS. Sistemas Construtivos. Ecoeficiência.

ABSTRACT

The use of new technologies with the use of alternative materials has become necessary to mitigate the environmental impacts caused by the construction sector. The present work intends to conduct a research on the prefabricated sofoopor houses, seeking to clarify the origin and how such a system has been used, as well as the types of methods existing in the market and the benefits generated in the application of this system. It becomes interesting, in this respect, to deepen research on the technology and economy that the system presents and how it influences people's lives and the environment. Economics, durability, efficiency, eco-efficiency, the construction steps are explored and a brief comparison is elaborated between structure with EPS panels and conventional masonry. The research methodology was the bibliographic review and comparative survey on the contents cited, with the intention of improving understanding of the subject and addressing important information, not only for the academic community, since it is a topic of important relevance for the social, economic and environmental sectors, contributing to the good practices of sustainable actions. This paper presents the results of a study on the construction system of panels in PHE and their costs when compared with conventional masonry, where the survey of material and cost of a residential development was carried out in the two construction systems mentioned and the comparison table was made..

Keywords: Polystyrene House. EPS. Building Systems. Eco-efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Dimensões da Sustentabilidade	24
Figura 2: Estrutura de Montagem dos painéis de EPS.....	28
Figura 3: Transformação de EPS no Brasil em 2000, principais municípios	32
Figura 4: Placas de Poliestireno expandido	35
Figura 5: Painéis estruturadas com tela de aço	35
Figura 6: Tipos de painéis	36
Figura 7: Estrutura do painel de EPS simples	37
Figura 8: Antes e depois da expansão das esferas de EPS	38
Figura 9: Radier com arranques fixados	41
Figura 10: Montagem dos painéis	42
Figura 11: Painéis alinhados com escoras e régua	42
Figura 12: Marcação da passagem das instalações utilizando o soprador	43
Figura 13: Instalações elétricas e hidráulicas.....	44
Figura 14: Projeção da primeira etapa da argamassa.....	45
Figura 15: Segunda etapa da argamassa	46
Figura 16 – Planta da casa estudada.....	59

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Produção mundial de EPS em 2000.....	30
Gráfico 2: Distribuição setorial do consumo de EPS no Brasil... ..	33
Gráfico 3: Tipos de sistemas construtivos.....	54
Gráfico 4: Motivos indicados após a negativa de uso do sistema em EPS.....	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Características do EPS.	39
Quadro 2: Vantagens do uso de sistema construtivo em painéis de EPS.....	57
Quadro 3: Desvantagens do uso de sistema construtivo em painéis de EPS.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Produção de EPS no mundo em 2014 (Milhões de toneladas)	31
Tabela 2 – Custos do Sistema Convencional.....	60
Tabela 3 – Custos do Sistema em EPS	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACEPE	Associação Industrial do Poliestireno Expandido
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EPS	Poliestireno Expandido
FEAMIG	Faculdade de Engenharia de Minas Gerais
RMBH	Região Metropolitana de Belo Horizonte
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Contexto do Problema.....	17
1.2 Problema de Pesquisa	17
1.3 Objetivos	18
1.3.1 Objetivo Geral	18
1.3.2 Objetivos Específicos	18
1.4 Justificativa	18
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
2.1 Ambiente e Meio Ambiente	20
2.1.1 Ambiente Construído.....	21
2.2 Indústria de Construção Civil.....	21
2.2.1 <i>Lean Construction</i>	22
2.3 Sustentabilidade	24
2.4 Ecoeficiência	25
2.4.1 Sistema Construtivo Ecoeficiente.....	26
2.5 Casa de Isopor (EPS)	27
2.5.1 Contexto Histórico do EPS.....	29
2.5.2 Uso do EPS no Contexto Internacional	30
2.5.3 Uso do EPS no Brasil.....	31
2.5.3.1 Uso do EPS na Construção Civil.....	33
2.5.4 Composição dos painéis de EPS	34
2.5.5 Principais Características do EPS.....	37
2.5.6 Processo Construtivo	39
2.5.6.1 Fundação	40
2.5.6.2 Estrutura.....	41
2.5.6.3 Instalação	43
2.5.6.4 Revestimento e Acabamento	44
3 METODOLOGIA DE PESQUISA.....	47
3.1 Pesquisa quanto aos fins	47
3.2 Tipo de pesquisa quanto aos meios.....	48
3.3 Universo e amostra	50
3.4 Formas de coleta e análise dos dados.....	50

3.5 Limitações da pesquisa	51
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	53
4.1 Viabilidade de utilização do sistema em EPS.....	53
4.2 Vantagens e Desvantagens da implementação do EPS na execução de uma residência	55
4.3 Comparativo de custo entre painéis de EPS e alvenaria convencional.....	59
5 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62
REFERÊNCIAS.....	63
APÊNDICE.....	69

1 INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado da população impacta diretamente o meio ambiente. As ações humanas são capazes de gerar poluição, degradação, alteração no clima e até esgotamento de recursos e áreas ambientais. Uma das ações humanas que mais afetam e consome o meio ambiente é a indústria da construção civil causando aumento do consumo de energia, desperdício de água, geração de resíduos, poluição, entre outros.

Devido à preocupação com os impactos causados ao meio ambiente e o aumento da competitividade no setor da construção civil, o mercado está buscando, através de inovações, novas técnicas construtivas, métodos e materiais mais eficientes, sustentáveis, como logísticas mais rápidas e custos reduzidos.

A introdução de novos sistemas construtivos ecoeficientes tais como: estrutura de isopor, telhado verde, jardins de chuva, sistemas de captação de água da chuva, dentre outras, podem reduzir resíduos, consumo de materiais e energia, preservar o ambiente natural e melhorar a qualidade do ambiente construído.

A utilização de painéis monolíticos de Poliestireno Expandido (EPS), mais conhecido como painéis de isopor, é um tipo de sistema construtivo ecoeficiente, onde em sua utilização proporciona um ambiente mais limpo, com menos resíduos, de execução rápida, com menor custo, além de diversos benefícios contidos em sua composição como, por exemplo, possuir maior resistência se comparado com a alvenaria convencional e ser um material isolante proporcionando isolamento termoacústico.

Contudo, esta pesquisa pretende apresentar os painéis de isopor como um sistema construtivo ecoeficiente, expondo seu método de implantação e seus benefícios, as vantagens e desvantagens, além de demonstrar o custo benefício dessa técnica na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH).

1.1 Contexto do Problema

Em consequência das constantes transformações que o homem realiza na natureza, o tema sustentabilidade, ecoeficiência tem sido discutido e aplicado, com maior amplitude no setor da construção civil a fim de ajudar na preservação do meio ambiente e proporcionar mais qualidade de vida para a pessoas.

Em busca de projetos mais econômicos, rápidos, práticos e diversificados, a utilização de painéis de isopor (EPS) é uma alternativa ecoeficiente inovadora para substituição da alvenaria convencional, facilitando a fundação, otimizando a mão de obra e proporcionando um projeto enxuto em custos e prazos.

No sistema construtivo popularmente chamado de casa de isopor, os painéis de EPS são revestidos com uma malha de aço, armaduras de reforço e revestimento de concreto ou argamassa resistente. A utilização deste método permite a substituição de alguns elementos estruturais indispensáveis no sistema convencional.

Pretende-se com esta pesquisa apontar os principais benefícios proporcionados por tal sistema construtivo, o qual vem sendo aplicado há alguns anos em diversos países, inclusive no Brasil, que vão desde a sustentabilidade à redução de custos.

1.2 Problema de Pesquisa

Quais são as principais vantagens de utilização dos painéis de isopor em relação a alvenaria convencional?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Demonstrar o custo benefício do uso sistema construtivo com painéis de isopor (EPS) em comparação com o sistema convencional.

1.3.2 Objetivos Específicos

- a) Explorar a viabilidade de utilização do sistema;
- b) Apresentar as vantagens e desvantagens da utilização do EPS na execução de uma residência;
- c) Apresentar o custo benefício da utilização de EPS em comparação com alvenaria convencional.

1.4 Justificativa

Tornar-se de conhecimento o conceito, a aplicabilidade e os benefícios do uso de EPS em edificações é fundamental para compreender que esse método construtivo é extremamente vantajoso, versátil e ecoeficiente.

Com o surgimento de novas tecnologias na construção civil, os painéis de isopor proporcionam às empresas e construtoras um método capaz de atender de forma rápida, fácil, sustentável e custos reduzidos sem perder a qualidade. Além de ser mais uma alternativa de mercado que necessita de especialista na área.

Dentre os benefícios proporcionados pela utilização de EPS no âmbito da engenharia, pode-se destacar: a economia com materiais e mão de obra, a redução do peso

estrutural da obra, isolamento termoacústico e ecoeficiência pois o EPS é um material 100% reciclável.

Para os profissionais da construção civil, torna-se essencial a responsabilidade com as questões ambientais, buscando e utilizando em seus projetos ações que fomentem a recuperação e/ou equilíbrio do meio ambiente, sobretudo nos centros urbanos.

Neste sentido, buscando inovação tecnológica através de uma técnica não convencional, o interesse dos pesquisadores está em apresentar para a sociedade a utilização de EPS como um sistema construtivo ecoeficiente, com potencial para agilizar a execução, para reduzir os custos e minimizar os impactos ambientais e com a perspectiva de demonstrar o custo-benefício que este sistema oferece.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Ambiente e meio ambiente

Com base na literatura, existem diversas interpretações do conceito de ambiente e meio ambiente. De acordo com Abbagnano (2003, p.36), a expressão ambiente refere-se a um complexo de relações entre o mundo natural e o ser vivo, que influi na vida e no comportamento desse mesmo ser. Para Art (1998, p. 27) ambiente é “conjunto de condições que envolvem e sustentam os seres vivos na biosfera, como um todo ou em parte desta, abrangendo elementos do clima, solo, água e de organismos”.

O meio ambiente, de acordo com a resolução nº 306 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002) é definido por “conjunto de condições, leis, influência e interações de ordem física, química, biológica, social, cultural e urbanística, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”.

Segundo Art (1998),

Meio ambiente é a, soma total das condições externas circundantes no interior das quais um organismo, uma condição, uma comunidade ou um objeto existe. O meio ambiente não é um termo exclusivo; os organismos podem ser parte do ambiente de outro organismo. (ART, 1998, p. 22)

É relevante citar que, no caso do Brasil, a Constituição Federal (1988) não considera o termo ambiente, apenas trata o meio ambiente como objeto de regulação e preservação. No Capítulo VI Do meio ambiente, artigo n. 225, diz que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”. Deste modo, não há, na Constituição Federal uma definição do que seja ambiente ou meio ambiente.

2.1.1 Ambiente Construído

Qualquer espaço modificado pelo homem é considerado um ambiente construído. As associações entre o ambiente natural e o ambiente construído são examinadas, geralmente, tendo em vista o impacto do segundo sobre o primeiro.

Segundo Maricato (2001) ambiente construído representa uma das bases do desenvolvimento social e econômico. Ele reflete as relações sociais da sociedade que o constrói, além de participar ativamente de sua reprodução. Existem diferentes formas de ambiente construído, como por exemplo, a infraestrutura, as edificações, os centros comerciais, as instalações industriais, entre outros.

De acordo com Sousa e Araújo (1999), foi a partir da descoberta do fogo, que a interferência do ser humano no meio ambiente se intensificou, provocando mudanças bruscas no equilíbrio dos ecossistemas, gerando problemas ambientais de grandes proporções, consequência da ação predatória da humanidade diante do planeta.

Diante dessas transformações que o homem realiza no ambiente, é necessário buscar alternativas que reduzam os impactos causados. Na construção civil, os profissionais têm buscado, através das novas tecnologias, utilizar novos métodos e materiais no processo construtivo a fim de proporcionar melhor qualidade de vida para a população atual e futura.

2.2 Indústria de Construção Civil

A construção civil é uma das atividades mais antigas que se tem informação e desde os primórdios da humanidade foi realizada de forma artesanal, gerando grande quantidade de resíduos de diversas naturezas. É também responsável pelo consumo excessivo de recursos naturais provenientes de fontes não-renováveis (BOLDRIN *et al*, 2006).

De acordo com Santos *et al* (2012) a Indústria da Construção Civil é reconhecida como uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social, mas também como a grande geradora de impactos ambientais. As atividades da construção civil demandam uma quantidade significativa de exploração dos recursos naturais e de materiais inertes, que são fornecidos por meio da extração de sedimentos que podem modificar e danificar o meio-ambiente. A cadeia produtiva da construção civil consome entre 20 e 50% dos recursos naturais de todo o planeta (SANTOS *et al*, 2011).

Segundo Brasileiro e Matos (2015) os impactos ambientais não eram considerados antigamente, pois a produção de resíduos era pequena e a disponibilidade era grande. Apenas depois do desenvolvimento tecnológico da revolução industrial no mundo, é que esta preocupação aflorou.

Assim, começam a surgir as primeiras preocupações e questionamentos relativos ao efeito estufa, a destruição da camada de ozônio, a poluição do ar e as chuvas ácidas, o aumento do consumo de energia, o enorme consumo de matérias-primas não renováveis, a geração de resíduos, dentre outros. Foi então que surgiu o termo desenvolvimento sustentável (BRASILEIRO; MATOS, 2015).

A partir disso, a engenharia civil vem buscando e inovando soluções e métodos construtivos com o objetivo de melhorar os processos e minorar os impactos causados. Dentre uma das soluções aplicáveis a esses e outros problemas pode-se citar a *Lean Construction* (construção enxuta).

2.2.1 Lean Construction

O conceito *Lean Construction* (ou Construção Enxuta) baseia-se no Sistema Toyota de Produção (STP) que segundo Fujimoto (1999), surgiu no Japão em 1950 por meio de estudos feitos pelos engenheiros, Eiji Toyoda e Taiichi Ohno onde após uma visita à empresa Ford Motor, inspiraram e criaram sistema de produção em massa com

pensamento enxuto, ou seja, com menos desperdício na linha de produção (em termos de material, mão-de-obra e tempo).

De acordo com Correia (2018) diferença entre a construção tradicional e a construção enxuta, está em seus conceitos. A construção tradicional, predominante em países como o Brasil, define produção como conjunto de atividades, transformando insumos em produtos finais ou parciais.

Na construção enxuta a produção é vista como um fluxo de matérias, desde a matéria-prima até o produto final, onde existem atividades que agregam valor ao produto final e outras que não agregam, sendo as atividades que não agregam valor ao produto final, chamadas de atividades de fluxo. Além das atividades de fluxos, também podem ser estudadas maneiras de se diminuir os processos artesanais de construção, com substituição por novas tecnologias e técnicas (CORREIA, 2018).

Segundo Koskela *et al.* (2010) a sustentabilidade e a construção enxuta são hoje dois dos mais importantes norteadores do setor da construção. De maneiras distintas, os conceitos embasam métodos, ferramentas e práticas que buscam eliminar ou reduzir problemas frequentes do setor, como o alto impacto ambiental e a falta de eficiência de produção.

Já Campos *et al.* (2012) defendem que, apesar de não haver conexão direta entre os conceitos de sustentabilidade e a construção enxuta, a aplicação de práticas de uma esfera, ajuda a alcançar melhores resultados na outra.

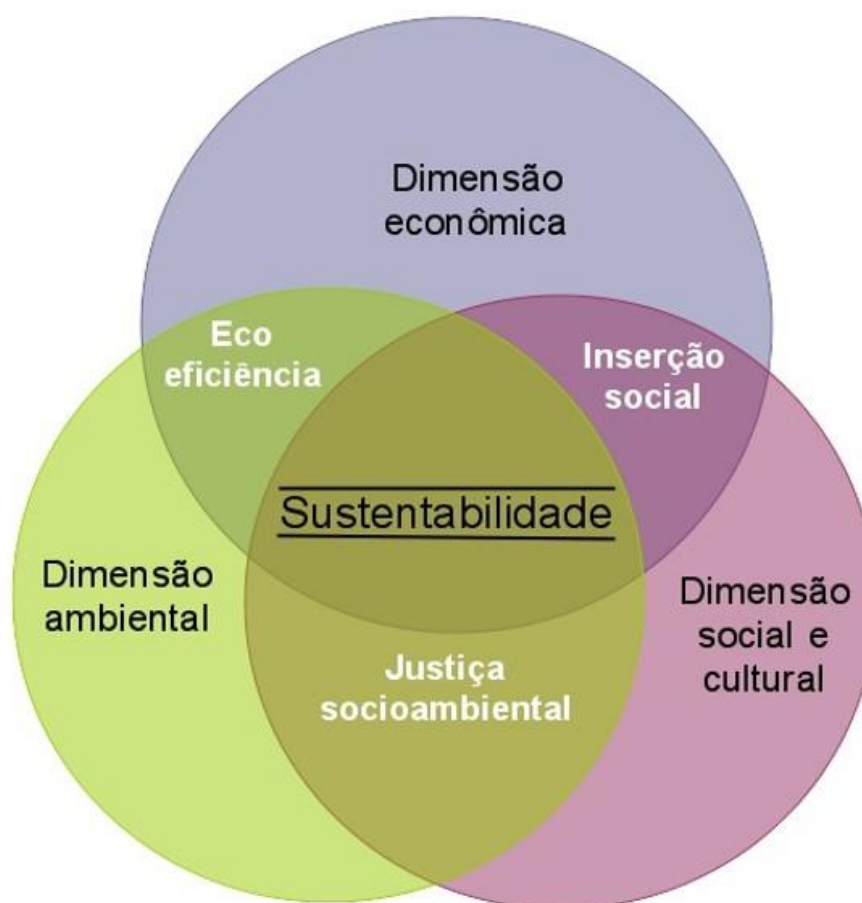
Um exemplo de processo artesanal que vem sendo substituído ou diminuído, quando possível e de forma sustentável e enxuta, é o uso de paredes de alvenaria através da utilização de Drywall e painéis de isopor (EPS).

2.3 Sustentabilidade

A primeira definição de sustentabilidade foi apresentada no relatório de Brundtland em 1987 como “desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atingirem as suas próprias necessidades” (BRUNTLAND, 1987, p. 54).

Desde então, já apareceram várias definições e, provavelmente, aparecerão outras no futuro, entretanto, o ponto comum em todas elas, quando analisadas detalhadamente, está nas dimensões que compõem o termo sustentabilidade. Segundo Claro *et al* (2008) a maioria dos estudos afirma que sustentabilidade é composta de três dimensões que se relacionam: econômica, ambiental e social conforme apresentado na Figura1.

Figura 1 – Dimensões da Sustentabilidade.



Fonte: AGUILAR e MOTTA (2009, p. 89).

De acordo com Almeida (2002) a dimensão econômica inclui não só a economia formal, mas também as atividades informais que proveem serviços para os indivíduos e grupos. A dimensão ambiental ou ecológica estimula empresas a considerarem o impacto de suas atividades sobre o meio ambiente e contribui para a integração da administração ambiental na rotina de trabalho. E a dimensão social consiste no aspecto social relacionado às qualidades dos seres humanos, como suas habilidades, dedicação e experiências, abrangendo tanto o ambiente interno da empresa quanto o externo.

Como construção civil representa a atividade com maior impacto sobre o meio ambiente é de extrema importância promover a sustentabilidade no setor. Além disto, ela promove impactos econômicos e sociais que contribuem no aumento da qualidade de vida tornado uma estratégia fundamental (AGUILAR e MOTTA 2009).

No entanto, devido à complexidade da sustentabilidade, existe a dificuldade em equilibrar todas as dimensões e certificar algo completamente sustentável. Pois isso, cada vez mais o termo ecoeficiência vem se destacando já que se pode levar ao desenvolvimento sustentável.

2.4 Ecoeficiência

Surgido em 1996, o termo “Ecoeficiência” é definido pelo *World Business Council for Sustainable Development* (Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável) como a forma de produzir e fornecer bens e serviços competitivos no mercado com menor consumo de recursos naturais (água, energia, espaço físico, entre outros) e menor geração de poluentes, destaca Bradesco (2013).

Neste sentido, de acordo com Maciel (2018) a ecoeficiência surge como uma estratégia de gestão para promover a sustentabilidade, buscando menos desperdício, além da redução do consumo de matéria, de energia e de emissões de poluentes. Também contribui na luta contra a exploração dos recursos naturais, devido a

utilização desmedida do meio ambiente, produzindo a escassez, poluindo o ambiente, desmatando, extinguindo espécies e aquecendo o planeta.

Para atingir a ecoeficiência, existe alguns elementos a serem analisados segundo dados apontados no site (Ecoeficientes, 2018),

No âmbito da poluição ambiental, um [sistema] ecoeficiente é aquele que consegue produzir mais e melhor, com menores recursos e menores resíduos. Para tal, pressupõem-se oito elementos para analisar a ecoeficiência:

- Minimizar a intensidade de materiais dos bens e serviços.
- Minimizar a intensidade energética de bens e serviços.
- Minimizar a dispersão de tóxico.
- Fomentar a reciclabilidade dos materiais.
- Maximizar a utilização sustentável de recursos renováveis.
- Estender a durabilidade dos produtos.
- Aumentar a intensidade de serviço dos bens e serviços.
- Promover a educação dos consumidores para um uso mais racional dos recursos naturais e energéticos. (Ecoeficientes, 2018)

O conceito ecoeficiente engloba não somente produto, mas também os recursos e materiais usados para a geração do produto final, a energia que é aplicada e gasta para a produção, os gases tóxicos, a reciclagem, o uso e constância de materiais renováveis, como por exemplo o bambu. Tudo isso se integra no conceito de ecoeficiência (SANCHES *et al.*, 2019).

Diante disso, propor projetos com sistemas construtivos ecoeficientes através de materiais alternativos pode ser uma alternativa mais consciente para estabelecer uma relação saudável entre baixo custo dentro da realidade de consumo e qualidade das obras associada a qualidade de vida das pessoas.

2.4.1 Sistema Construtivo Ecoeficiente

Segundo Sanches *et al* (2019) um sistema construtivo pode constituir-se de conjunto de componentes, técnicas e elementos, que trabalham em conjunto ou individualmente. No caso de um sistema construtivo ecoeficiente, inclui-se o conceito e análises da ecoeficiência através da redução de custos e impactos ambientais.

Devido ao aumento da preocupação com o meio ambiente e os impactos ambientais sofridos, é considerável o aumento de pesquisas, novas tecnologias e uso de materiais ecologicamente corretos, assim como de sistemas construtivos ecoeficientes, como telhados verdes, jardins de chuva, painéis de isopor, *Light Steel Framing*, entre outros (CIMINO, 2002).

A construção civil é marcada por sistemas construtivos convencionais, no entanto, diante de várias possibilidades, novas técnicas e materiais, o setor tem procurado adquirir novas soluções tecnológicas e ecoeficientes, tais como: mão de obra qualificada, produção padronizada, racionalização dos processos, insumos, possibilidade de controle no cronograma da obra e redução do tempo de execução. Princípios característicos dos sistemas industrializados que vão de encontro aos problemas intrínsecos da construção artesanal (SANTIAGO, 2008).

No entanto, em razão da cultura convencional, o sistema construtivo ecoeficiente ainda sofre muito preconceito no mercado de construção civil, principalmente brasileiro, devido às desconfianças sobre as características de resistência, durabilidade e eficiência. Todavia, vem ganhando espaço tornando-se uma mudança inovadora, garantindo uma ótima ecoeficiência e economia nas edificações.

2.5 Casa de Isopor (EPS)

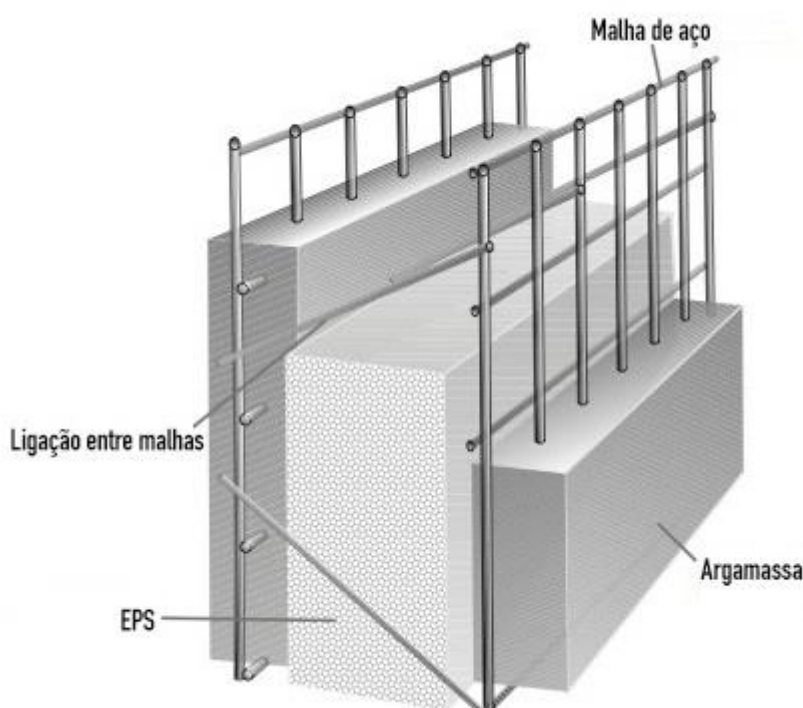
Nos últimos anos, desencadeou-se uma busca por materiais ecoeficientes para uso nas obras de construção civil. Já utilizado em diversos países, o sistema construtivo em painel de EPS (Poliestireno Expandido, conhecido como isopor®) vem se fortalecendo no segmento e se consolidando pela inovação, tecnologia e ecoeficiência (BARRETO, 2017)

Sua ecoeficiência é justificada pela obra limpa com baixa produção de resíduos, baixa contaminação de solo, água e ar, e economia de água na execução e por ser composto de material 100% reciclável. O material possui propriedade retardante a chama, com eficiência termo/acústica, inerente e resistente à agressão de agentes

biológicos. Por fim, características como facilidade de fixar as tubulações, facilidade de transporte em virtude de se tratar de um material leve e compacto, disponibilidade em diversas espessuras conferem inovação e economia através da racionalização da construção com redução de desperdícios de material, redução do consumo de aço, otimização do tempo da construção, elevada produtividade e serialização da construção (JJ DESIGN, 2016).

A configuração de montagem, o painel de EPS encontra-se no meio, sendo sobreposta por malhas de aço leve de alta resistência interligadas por barras de aço e revestida com argamassa estrutural conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Estrutura de Montagem dos painéis de EPS



Fonte: <https://www.construcaocomeps.com.br/paineis-autoportantes-com-eps/> (2016).

Devido a configuração apresentada na Figura 2, esse processo é popularmente chamado de sanduiche. Como todo e qualquer material, os painéis de EPS desenvolve seu melhor desempenho em determinados sistemas construtivos e possuem vantagens e desvantagens de sua utilização se comparado com o a de alvenaria convencional.

2.5.1 Contexto Histórico do EPS

Em busca de produzir um tipo de material inovador, através da realização de experimentos, o Poliestireno Expandido - EPS foi descoberto pelos químicos Fritz Stastny e Karl Buchholz, na Alemanha, nos laboratórios da Basf em 1949 (ABRAPEX, 2015). No Brasil, é conhecido como “Isopor®”, marca registrada da Knauf Isopor Ltda., e designa, comercialmente, os produtos de poliestireno expandido, comercializados por essa empresa (ABRAPEX, 2018).

Derivado do petróleo, o poliestireno expandido é obtido a partir da polimerização do monômero de estireno em água. Durante o processo, é adicionado ao material gás pentano, que de acordo com a ABRAPEX (2018), não compromete o meio ambiente por ser um hidrocarboneto que se deteriora rapidamente pela reação fotoquímica com os raios solares.

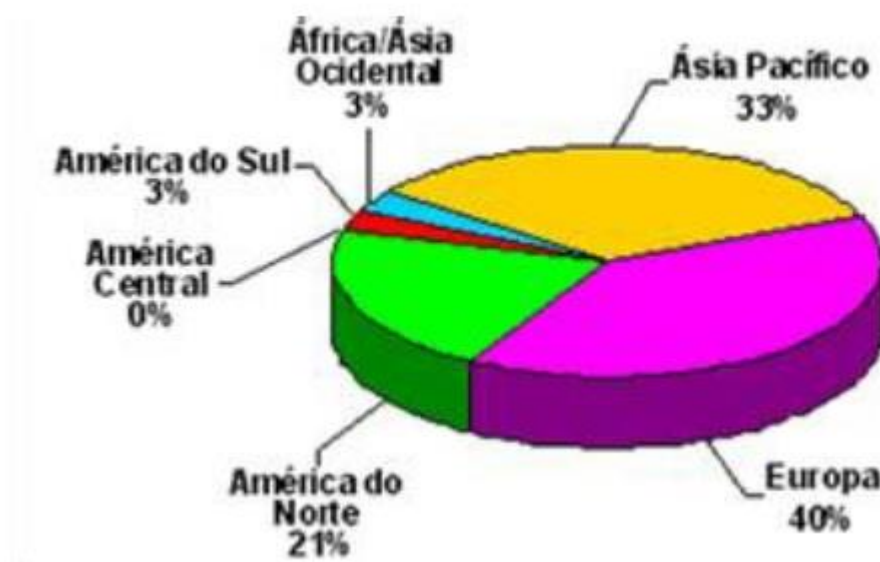
Segundo a Associação Industrial do Poliestireno Expandido (ACEPE, 2018) esse gás pentano servirá posteriormente como agente expansor para transformação final do poliestireno ao estado de baixo peso e forma celular expandido. Já a tecnologia construtiva em painéis de EPS tem sua origem de um projeto italiano, desenvolvido em uma região sujeita a terremotos, com o intuito de criar uma estrutura monolítica que não desmoronasse e agregasse elementos de isolamento térmica no início dos anos oitenta. (SOUZA, 2009)

Segundo Bertoldi (2007) foram implantadas unidades de produção desse sistema construtivo em diversos países, como: Itália, Portugal, Espanha, Rússia, Turquia, Líbia, Egito, Argentina, Chile, Venezuela, Guatemala, Costa Rica, México, França, países onde. Chega ao Brasil por volta de 1990, conseguido através do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), onde faziam análises dos componentes do sistema e de elementos construídos.

2.5.2 Uso do EPS no Contexto Internacional

No panorama internacional, a indústria de EPS era concentrada em países mais desenvolvidos. No entanto, com o crescimento exponencial principalmente da China e dos tigres asiáticos (Coreia do Sul e Taiwan), essas indústrias passaram a se concentrar cada vez mais nos países asiáticos. Até 2000, segundo a ABRAPEX (2015), a Europa era o continente que mais produzia EPS no mundo, seguido de perto pela Ásia conforme representado no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Produção mundial de EPS em 2000



Fonte: ABRAPEX (2015).

Entretanto, de acordo com Guedes (2018) houve rápido crescimento no mercado de EPS de 2000 até 2009. Apesar de o crescimento da produção de EPS ter sido interrompido pela crise financeira mundial em 2009, no início de 2011, o mercado voltou a ter um bom crescimento.

Segundo IHS Markit (2014) a produção mundial de EPS registrada em 2014 chegou a mais de 6,3 milhões de toneladas. Os principais países produtores de EPS no mundo em 2014 são a China, Alemanha, Coreia do Sul, Estados Unidos, Taiwan e México conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Produção de EPS no mundo em 2014 (Milhões de toneladas)

País	Ásia	Europa	América do Norte	Outros
Quantidade	3,6	2,03	1,57	0,63
Porcentagem	46%	26%	20%	8%

Fonte: IHS Markit (2014).

O Brasil tem uma pequena participação no mercado internacional, chegando a 1%. Metade das exportações do país é feita para a Argentina, seguido do Paraguai (33%) e República Dominicana (16%). Quanto a importações, a China é responsável por 81% do EPS importado pelo Brasil, que corresponde a quase 34.000,0 toneladas de 41.155,3 toneladas totais (ABIQUIM, 2015).

2.5.3 Uso do EPS no Brasil

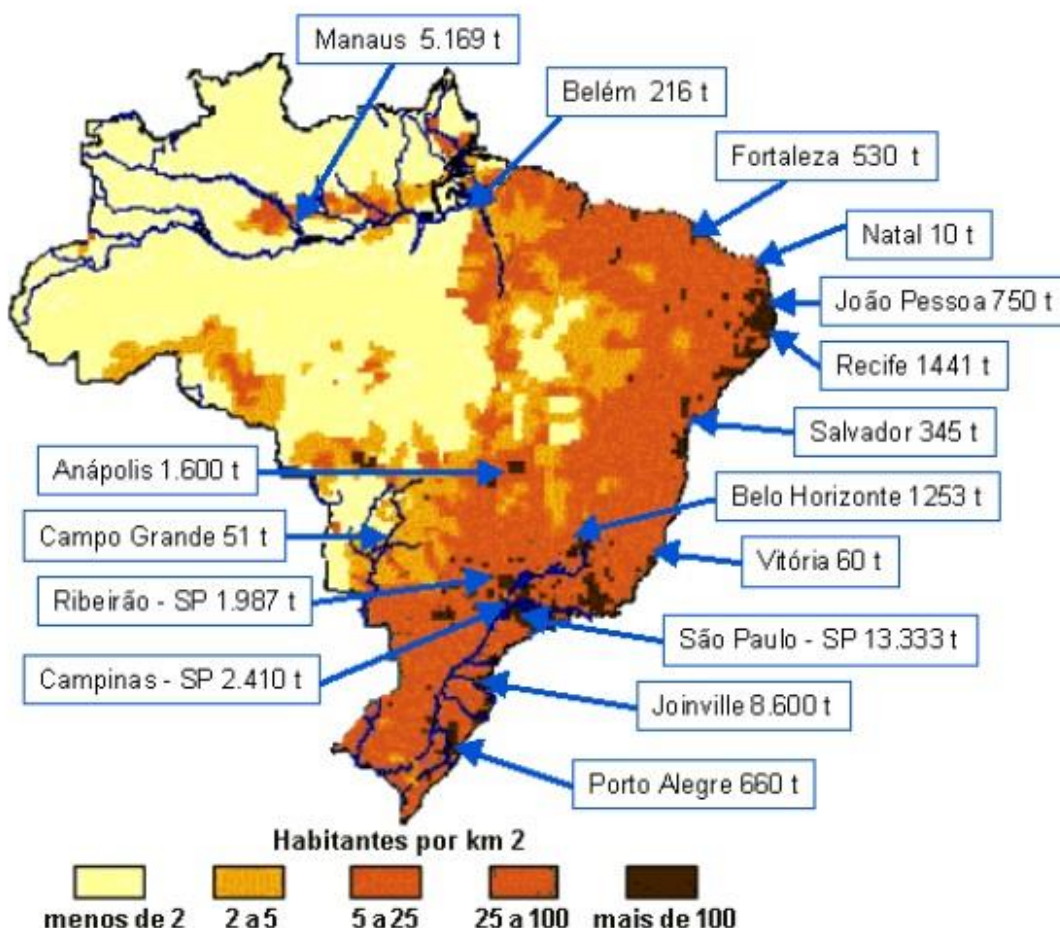
O processo de desenvolvimento econômico da indústria de EPS teve seu início segundo Jacques (2011) em 1949 com a inauguração da primeira fábrica de Poliestireno, a Bakol S.A., localizada em São Paulo. Em sequência, Torres (1997) afirma que outra indústria na mesma época também se estabeleceu em São Paulo, a Plástico Kopers.

A quantidade de indústrias brasileiras de poliestireno expandido foi crescendo com o passar do tempo e as empresas foram levando indústrias para outros estados e outros empresários, criando indústrias nesse ramo. Segundo Jacques (2011), o consumo no Brasil de EPS chegou a quase dobrar de um ano para outro, mostrando que a demanda crescia e as empresas enxergavam aí uma fatia de mercado a ser explorada.

De acordo com Guedes (2018) a demanda cresceu tanto na década de 1990 que o Brasil passou a importar Poliestireno, chegando a importar um total de 8 vezes a quantidade que era produzida no país, criando uma balança comercial desfavorável, e tornando o Poliestireno um dos maiores déficits entre produtos químicos orgânicos.

No Brasil, segundo a Abrapex (2000), a produção de EPS foi de aproximadamente 40 mil toneladas, distribuída em diversos municípios, conforme pode ser verificado na Figura 3.

Figura 3 – Transformação de EPS no Brasil em 2000, principais municípios.

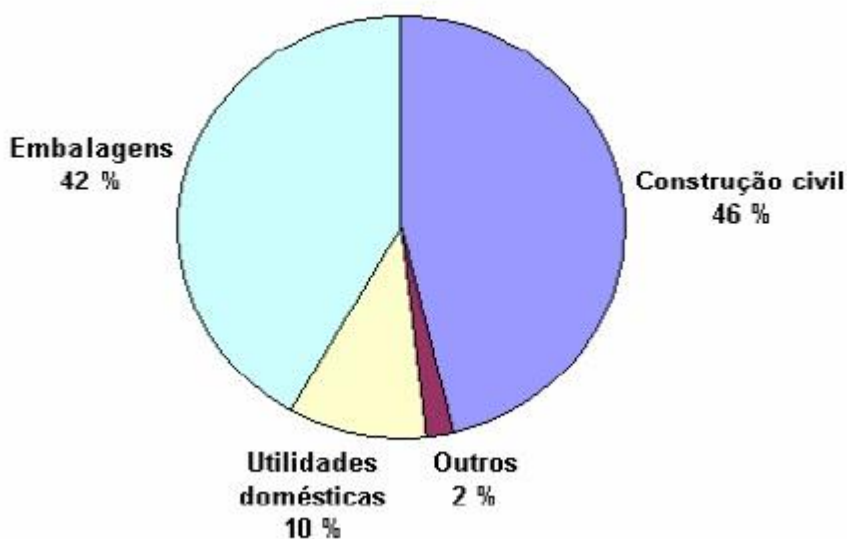


Fonte: ABRAPEX (2000).

Os municípios que mais se destaca no Brasil como um dos maiores polos de transformação de EPS é o município de São Paulo/SP o maior transformador com 13.333 t/ ano, seguido pelo município de Joinville/SC, com 8.600 t/ ano (ABRAPEX 2000).

Com o passar do tempo, o setor da construção civil passou ser o principal mercado de EPS, que segundo o BNDES (2002) foi responsável pelo consumo de cerca de 46% da produção brasileira conforme visualizado no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Distribuição setorial do consumo de EPS no Brasil.



Fonte: BNDES (2002).

Com os avanços tecnológico na construção civil associado ao crescimento populacional dos últimos anos e a necessidade de soluções alternativas com aspectos de ecoeficiência, possivelmente foram os principais fatores que contribuíram para este aumento.

2.5.3.1 Uso do EPS na Construção Civil

O Poliestireno expandido é um material plástico, reciclável, não poluente, fisicamente estável, é sem dúvida um material isolante da melhor qualidade. Nos últimos anos esse material ganhou uma posição estável na construção civil, não apenas por suas características isolantes, mas também por sua leveza, resistência e facilidade de manuseio. Proporciona uma economia no corte, mão-de-obra, equipamentos e tempo de execução (TESSARI, 2006)

São diversos os usos do Poliestireno expandido na construção civil, inclusive em obras de estruturas grandes, como estradas e ferrovias. A espuma rígida de EPS é comprovadamente um material isolante que pode suportar variações de temperaturas de -50° a +80° Celsius, sendo assim um material isolante, capaz de suportar variações de temperaturas (COMISSÃO SETORIAL DE EPS, 2007).

Dentre as inúmeras aproveitamentos do EPS na construção civil, os mais aplicados de acordo com Tessari (2006) são: para o enchimento de elementos estruturais, lajes e fôrmas para concreto; isolamento térmico de lajes impermeabilizadas, telhados, paredes e dutos de ar condicionado; painéis autoportantes; forros isolantes e decorativos; isolamento acústico e térmico; juntas de dilatação e fundações para estradas.

No entanto, como a utilização do EPS é relativamente novo, as pessoas ainda têm certa resistência quanto ao seu uso em edificações, devido à cultura de processos convencionais e a ausência de conhecimento dos benefícios que o material proporciona.

2.5.4 Painéis de EPS

Os painéis pré-fabricados componentes do sistema construtivo são formados por dois elementos básicos segundo Bertoldi (2007): poliestireno expandido e aço, sendo o primeiro utilizado como núcleo e o segundo utilizado como armadura principal e secundária na forma de telas eletro soldadas e armadura transversal e finalizado com revestimento de concreto e/ou argamassa. Ainda segundo o autor a função estrutural é garantida pelas das malhas de aço eletro soldadas com argamassa estrutural, já a função de qualidade termo acústica é garantida pelo EPS.

Figura 4 – Placas de Poliestireno expandido.

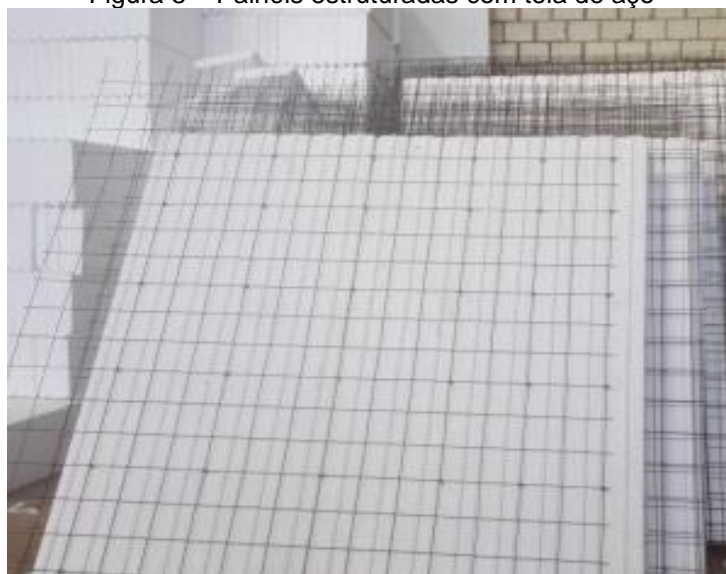


Fonte: <https://emecomercial.com.br/fabrica-placas-eps.html> (2020).

As placas de poliestireno expandido, conforme Figura 4, têm faces planas ou com baixo relevo, são monolíticas e possuem dimensões de 1.20 m de largura, espessura de 50 mm, 80 mm, 100mm e 120mm de espessura, sendo que a altura tem a capacidade de ser alterada no processo de fabricação. (BARRETO, 2017).

Redes de armaduras eletro soldadas, de aço trefilado e galvanizado, colocadas em ambas as faces do poliestireno expandido e ligadas entre si por conectores do mesmo material. Os diâmetros dos varões variam como modelo do painel e a direção da armadura (PIRES *et al*, 2018). Na Figura 5, é demonstrado um exemplo do painel.

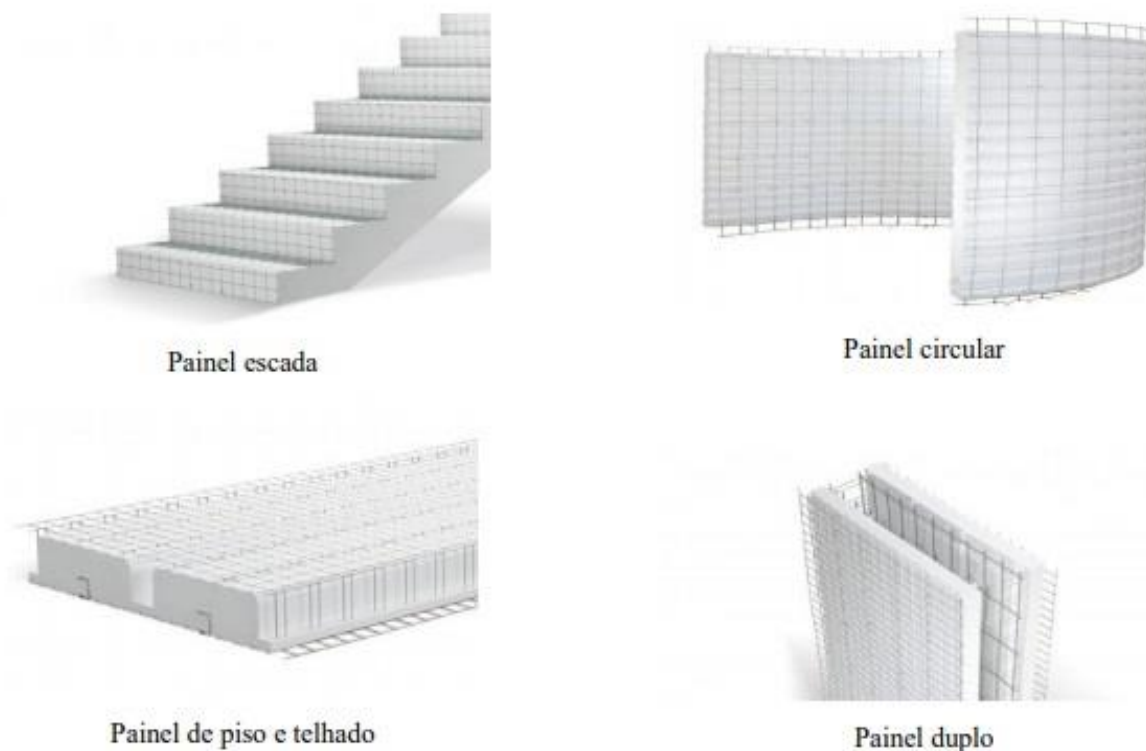
Figura 5 – Painéis estruturadas com tela de aço



Fonte: ALVES (2015).

De acordo com Alves (2015) os painéis de EPS podem ser ondulados, retangulares ou duplos conforme mostrado na Figura 6, e sua utilização será determinada pela capacidade de se preencher as cavidades com argamassa, para que se formem micro colunas de reforço. Na construção de prédios com vários pavimentos, os painéis principais de sustentação devem ser duplos, com espaço variável entre eles, conforme a altura do edifício, e serão preenchidos com concreto estrutural.

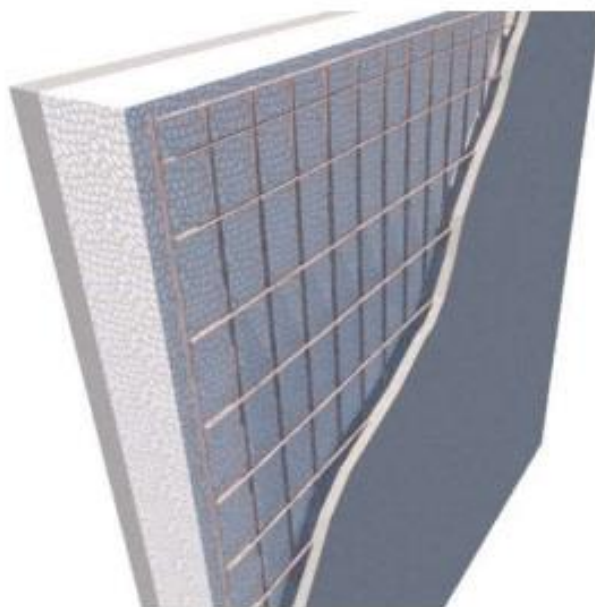
Figura 6 – Tipos de painéis



Fonte: <http://en.mdue.it/construction-system/products/emmedue-panels> (2018)

Posteriormente, no processo construtivo recebem em cada uma de suas faces, uma camada de microconcreto de $f_{ck} = 25$ Mpa com espessura mínima de 3,5 cm (TÉCHNE, 2012). A estrutura final do painel de EPS simples, está apresentada na Figura 7.

Figura 7 – Estrutura do painel de EPS simples.



Fonte: MEDEIROS (2017).

Os produtos finais de EPS são inodoros, não contaminam o solo, água e ar, são 100% reaproveitáveis e recicláveis e podem voltar à condição de matéria-prima (BARRETO, 2017). Por se tratar de um sistema com grande flexibilidade, é possível produzir vários tipos de painéis e assim atender a diferentes necessidades.

2.5.5 Principais Características do EPS

O EPS é material plástico celular rígido, resultante da polimerização de estireno em água que não compromete o meio ambiente por ser um hidrocarboneto que se deteriora rapidamente pela reação fotoquímica com os raios solares. Sua composição química surgiu de polímeros e monômeros de estireno, que são líquidos extraídos do petróleo (OLIVEIRA, 2013).

Segundo Alves (2015) por se tratar de um material plástico, o EPS tem propensão a pegar fogo, por isso, são acrescentados ainda na fase de polimerização, aditivos que irão proporcionar ao material maior resistência ao fogo inibindo a ignição e a propagação do mesmo.

No final, de acordo com EPS Brasil (2014), se obtém um material plástico celular rígido em formato esférico de até 3 milímetros de diâmetro, que poderá atingir um aumento de até 50 vezes do tamanho original durante seu processo de expansão, como mostra a Figura 8.

Figura 8 –Antes e depois da expansão das esferas de EPS.



Fonte: ACEPE (2018).

Em 1 m³ de EPS, por exemplo, existem de 3 a 6 bilhões de células fechadas e cheias de ar, que lhe garantem suas peculiares propriedades físicas, de extrema leveza e de excelente isolamento termoacústico. Os produtos finais de EPS são inodoros, não poluentes, fisicamente estáveis, são 100% reaproveitáveis e recicláveis e podem voltar à condição de matéria-prima (ABRAPEX, 2000).

Outro aspecto característico do EPS é à resistência à deformação. Segundo Assumpção (2009), o valor que se segue ao nome EPS indica a pressão necessária para uma compressão com deformação de 10%, em KPa. Por exemplo, para o EPS 30 são necessários 30 KPa para uma deformação de 10%.

O poliestireno expandido apresenta uma grande variabilidade de utilização, as principais características do EPS são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Características do EPS.

CARACTERÍSTICAS DO EPS	
Baixa condutibilidade térmica:	A estrutura de células fechadas, cheias de ar, dificulta a passagem do calor o que confere ao EPS um grande poder isolante.
Leve:	As densidades do EPS variam entre os 10-30 kg/m ³ , permitindo uma redução substancial do peso das aplicações que o utilizam.
Resistência mecânica:	Apesar de muito leve, o EPS tem uma resistência mecânica elevada, que permite o seu emprego onde esta característica é necessária.
Baixa absorção de água e insensível à umidade:	O EPS não é higroscópico. Mesmo quando imerso em água o EPS absorve apenas pequenas quantidades de água. Tal garante que o EPS mantém as suas características térmicas e mecânicas mesmo sob a ação da umidade.
Fácil de manusear e colocar:	O EPS é um material que se trabalha com as ferramentas habitualmente disponíveis, garantindo a sua adaptação perfeita à obra. O baixo peso do EPS facilita o manuseamento do mesmo em obra. Todas as operações de movimentação e colocação resultam significativamente encurtadas.
Versátil:	O EPS pode apresentar-se numa multitude de tamanhos e formas, que se ajustam sempre às dimensões da aplicação requerida.
Resistente ao envelhecimento:	Todas as propriedades do EPS mantêm-se inalteradas ao longo da vida do material, que é pelo menos tão longa quanto a vida da construção de que faz parte. O EPS não apodrece nem ganha bolor, não é solúvel em água nem liberta substâncias para o ambiente. O EPS não constitui substrato ou alimento para o desenvolvimento de animais ou microrganismos.
Amortecedor de impactos:	A estrutura de células fechadas cheias de ar do EPS proporciona um altíssimo poder de absorção de impactos, quedas, vibrações, etc., permitindo reduzir ao mínimo os danos a produtos embalados durante o transporte ou armazenamento.

Fonte: ASSUMPÇÃO (2009).

Ainda segundo Assumpção (2009) esse material ganhou nos últimos 35 anos uma posição estável na construção de edifícios, não apenas por suas características isolantes, mas também por sua leveza, resistência, facilidade de trabalhar e baixo custo.

2.5.6 Processo Construtivo

Em qualquer processo construtivo, primeiramente é necessário desenvolver um projeto específico para cada tipo de obra. Na execução do projeto, selecionar

profissionais experientes na área é muito importante e pode minimizar problemas, perdas e tempo de execução.

De acordo com Duarte e Carneiro (2015), o sistema casa de isopor com painel EPS consiste das seguintes etapas: aspecto de projeto, fundação, estrutura, instalações e acabamento. Segundo Bertoldi (2007, p. 32) “para uma melhor racionalização na aplicação do sistema construtivo deve-se levar em consideração seu aspecto dimensional, desde a elaboração do projeto”. Como isso, facilita a fabricação do EPS garantindo maior racionalização, produtividade sem desperdícios.

2.5.6.1 Fundação

Antes do início da obra é realizado os serviços de limpeza como capina, escavação e aterro, caso necessários. Segundo Ribeiro (2019) a fundação é definida na elaboração do projeto de acordo com o cálculo estrutural, onde normalmente, nesse sistema são adotados radiers ou sapatas corridas por se tratar de uma estrutura leve.

No processo da fundação, deve ser feita a medição, marcação, colocação de formas e armação de acordo com o cálculo estrutural. Após o término das fundações e sistemas de esgoto devem ser fixados arranques de aço de acima do piso, alinhados pelo gabarito da obra, onde serão posteriormente fixados os painéis monolíticos (TÉCHNE, 1998).

Segundo Bertoldi (2007), vale ressaltar que esses arranques são de suma importância para o sistema construtivo, pois serão eles os responsáveis pela continuidade estrutural entre parede e fundação como é possível observar na Figura 9.

Figura 9 – Radier com arranques fixados.



Fonte: RIBEIRO (2019).

O prazo de execução desta etapa, levando em consideração o nivelamento, a locação, os pontos de esgoto, as instalações hidráulicas e elétricas e a concretagem, são estimadas em uma semana (SILVA, 2009).

2.5.6.2 Estrutura

Após a concretagem da fundação, se inicia o processo de montagem da base e alinhamento e aprumo dos painéis para o levantamento de paredes onde montador deve fixar os painéis nos arranques previamente colocados com o auxílio de um grampeador. Os painéis têm abas de malha de aço que se sobrepõem, para que sejam solidarizadas ao painel vizinho. (COSTA, 2019).

O trabalho de montagem poderá ser facilitado com a numeração dos painéis. Como pode-se observar na Figura 10, o painel é manuseado e colocado na posição por um funcionário apenas, o que simplifica e acelera a montagem e, também, dispensa a formação de equipes de trabalhos especiais (ALVES, 2015).

Figura 10 – Montagem dos painéis.



Fonte: ALVES (2015).

De acordo com Duarte e Carneiro (2015) os painéis são instalados na vertical e trabalham como uma estrutura da edificação, recebendo as cargas e distribuindo de maneira uniforme pela fundação. Ainda conforme os autores, os painéis são amarrados entre si por meio de abas de transpasse já fornecidas nos mesmos, com auxílio de arame recozido.

Para a estabilidade e sustentação, são utilizadas escoras e régua de madeira ou metálicas, que continuarão até que a argamassa atinja a resistência recomendada em projeto. A recomendação de Silveira (2018) é que as régua sejam posicionadas a dois terços da altura total da parede, como representado na Figura 11.

Figura 11 – Painéis alinhados com escoras e régua.



Fonte: ALVES (2015).

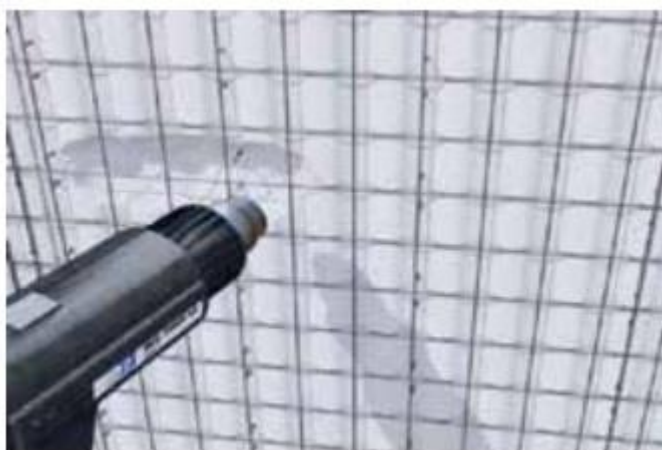
Segundo Bertoldi (2017) possivelmente, após montagem e correto posicionamento dos painéis, será necessário a colocação de reforços de telas em locais específicos, pois elas irão dar continuidade estrutural, tornando a estrutura metálica contínua.

2.5.6.3 Instalação

Com a todos os painéis, escoras e reforços instalados, a fase seguinte é o posicionamento das tubulações de elétrica e hidráulica embutidas. No processo construtivo, as instalações são simples, a operação é rápida e limpa, pois não ocorrem quebras de material para abertura de espaço, como nos processos tradicionais (BARRETO, 2017).

Conforme Souza (2009) a passagem da instalação elétrica e hidráulica deve ser feita sem que a tela seja cortada, para isso utiliza-se um soprador nos locais indicados em projeto. Esta ferramenta irá derreter o isopor, permitindo então a passagem dos eletrodutos e tubulação hidráulica, como representa a Figura 12.

Figura 12 – Marcação da passagem das instalações utilizando o soprador.



Fonte: CANDIRACCI *et al.* (2014).

Com a abertura das cavidades no painel, a passagem dos tubos deve ser feita por baixo da tela de aço. No caso de tubos rígidos ou semi-rígidos, quando necessário, corta-se a tela com um alicate e no final, fecha-se novamente a tela para segurar os tubos conforme apresentado na Figura 13.

Figura 13 – Instalações elétricas e hidráulicas.



Fonte: CANDIRACCI *et al.* (2014).

Os detalhes da união dos dutos a outras peças do sistema são executados de forma convencional. Quando houver a necessidade de manutenção das instalações hidráulicas, esta também é feita de forma convencional, ou seja, quando a falha estiver no interior da alvenaria será necessário a quebra de uma das camadas de revestimento em argamassa estrutural. Após o conserto deve-se repor novamente a malha de aço e o micro concreto, bem como os revestimentos finais (LUEBLE, 2004).

2.5.6.4 Revestimento e Acabamento

Para a fase de revestimento é necessário a cobertura em duas camadas. A primeira camada serve para preencher a superfície do EPS e na segunda cobertura, é feito a finbertualização do acabamento para receber o revestimento (COSTA, 2019).

Sobre o contexto, Bertoldi (2007), mencionou o seguinte:

Os revestimentos que são aplicados, nos painéis do sistema construtivo, devem ter alta resistência, apresentar baixa retração e ter facilidade de aplicação apresentando fluidez e plasticidade, pois, deverá ser aplicado em camadas com espessuras de 1,5 a 2 cm, sem que ocorram vibrações ao painel. (BERTOLDI, 2007, p.38)

O jateamento da argamassa deve ser aplicado por partes, conforme a Figura 14 demonstra, sendo uma camada interna e outra externa por parede, para que evite desaprumo nessas. A característica da argamassa é igual à de um concreto

convencional, e a fusão desta com a malha metálica garante a resistência estrutural necessária para suportar toda estrutura (PIRES *et al*, 2018).

Figura 14 – Projeção da primeira etapa da argamassa



Fonte: Lueble (2002).

Após a projeção, é feito o sarrafeamento com régua de sentido vertical e de baixo para cima, evitando que a argamassa excedente caia no chão. Esse primeiro sarrafeamento tem como objetivo principal retirar o excesso de material projetado na parede e promover uma regularização inicial. Se for verificada a existência de falhas na aplicação do microconcreto, deve-se refazer a projeção, para corrigir as irregularidades. (TECHNE, 2012)

Após a cura total é colocado os caixilhos e batentes, que depois de fixados, nivelados e aprumados, devem ser protegidos para que não sofram respingos da argamassa da segunda aplicação e as escoras podem ser retiradas, pois as paredes já possuem características autoportantes (ALVES, 2015). A segunda camada é aplicada da mesma forma que a primeira, até atingir a espessura desejada como mostrado na Figura 15.

Figura 15 – Segunda etapa da argamassa



Fonte: Lueble (2002).

Conforme Bertoldi (2007) após a execução da segunda camada de revestimento de argamassa, as paredes apresentam uma superfície igual aos sistemas convencionais. Existe a possibilidade de utilizar o sistema construtivo com painéis de EPS nas lajes, porém, esse método é pouco usado e, pois, isso não será abordado nessa pesquisa.

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

Segundo Bruyne (1991), a elaboração de um trabalho científico não deve envolver apenas a explicação teórica a respeito do tema e tudo o que o envolve, de modo apresentar as imposições normatizadas ou os conceitos apresentados por autores em matéria de metodologia de pesquisa científica, mas também explanar, de forma dinâmica, quais foram os critérios empregados.

Ao explicar os critérios empregados acredita-se que ao acessar as informações postas no texto terá uma melhor visão da pesquisa, ou seja, onde, como, de que forma, quem participará, da pesquisa. Sobre o contexto, Bruyne (1991) declarou o seguinte:

A metodologia deve ajudar a explicar não apenas os produtos da investigação científica, mas principalmente seu próprio processo, pois suas exigências não são de submissão estrita a procedimentos rígidos, mas antes da fecundidade na produção dos resultados (BRUYNE, 1991, p.29).

Uma pesquisa é feita através do conhecimento existente, métodos e regras. Por meio dela, procura-se a solução do problema e a possibilidade de ser assunto de outras pesquisas (VERGARA, 2007).

3.1 Pesquisa quanto aos fins

De acordo com Gil (1999), em um estudo científico utilizam-se métodos de procedimento que seriam as etapas mais concretas da investigação, mais restritas e menos abstratas, podendo ser empregados vários métodos concomitantemente. As pesquisas, têm se caracterizado pelo tipo de dado coletado e pela análise que se fará posteriormente desses dados.

Os tipos de pesquisa quanto aos fins, segundo Gil (1999) podem ser:

Exploratória: Esta pesquisa tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses. Pode-se dizer que estas pesquisas tem como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições. Seu planejamento é, portanto, bastante flexível de modo que possibilite a consideração dos mais variados aspectos relativos ao fato estudado.;

Descritiva: As pesquisas descritivas tem como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis. São inúmeros os estudos que podem ser classificados sob esse título e uma de suas características mais significativas está na utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados tais, como o questionário e a observação sistemática.;

Explicativa: Essa pesquisa tem como preocupação central identificar os fatores que determinam o que contribuem para ocorrência dos fenômenos. Esse é o tipo de pesquisa que mais aprofunda o conhecimento da realidade, porque explicar razão, o porquê das coisas. Por isso mesmo, é o tipo mais complexo e delicado, já que o risco de cometer erros aumenta consideravelmente (Gil, 1999, p. 41-42).

Assim sendo, esta pesquisa é classificada como exploratória e, ao mesmo tempo, descritiva. Exploratória, pois o estudo explora os benefícios do uso do EPS em sistemas construtivos de forma ecoeficiente, dado que este tema possui pouco conhecimento permitindo assim maior familiaridade com o tema. Descritiva porque tudo que for observado foi descrito com objetivo de expor as características claras sobre a utilização deste sistema.

3.2 Tipo de pesquisa quanto aos meios

A pesquisa quanto aos meios, busca os dados pesquisados, segundo o método adotado e em articulação ao referencial teórico, pretende dar algumas explicações com o intuito de responder o problema de pesquisa (GIL, 1999).

De acordo com Fonseca (2002), a pesquisa possibilita uma aproximação e um entendimento da realidade a investigar, como um processo permanentemente inacabado. Ela se processa através de aproximações sucessivas da realidade, fornecendo subsídios para uma intervenção no real. Para que possa ser realizada uma

pesquisa, necessita esclarecer seus procedimentos, sendo assim, é selecionado o método que se alinhe ao qualitativo e ao quantitativo.

As pesquisas, quanto aos meios, podem ser classificadas, segundo Fonseca (2002) em:

Pesquisa bibliográfica: a pesquisa bibliográfica é feita a partir do levantamento de referências teóricas “já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, página de *web sites*”;

Pesquisa documental: a pesquisa documental recorre a fontes mais diversificadas e dispersas, sem tratamento analítico tais como: tabelas estatísticas, jornais, revistas, relatórios, documentos oficiais, cartas, filmes, fotografias, pinturas, tapeçarias, relatórios de empresas, vídeos de programas de televisão, etc.;

Estudo de campo: Caracteriza as investigações em que para além da pesquisa bibliográfica e/ou documental, se coletam dados junto de pessoas, utilizando diversos tipos de pesquisa;

Pesquisa de levantamento: este tipo de pesquisa é utilizado em estudos exploratórios e descritivos, o levantamento pode ser de dois tipos: levantamento de amostra ou levantamento de uma população;

Pesquisa experimental: a pesquisa experimental seleciona grupos de assuntos coincidentes, submete-os a tratamentos diferentes, verificando as variáveis estranhas e checando se as diferenças observadas nas respostas são estatisticamente significantes;

Pesquisa-ação: a pesquisa ação pressupõe uma participação planejada do pesquisador na situação problemática a ser investigada. Recorre a uma metodologia sistemática, no sentido de transformar as realidades observadas, a partir da sua compreensão, conhecimento e compromisso para a ação dos elementos envolvidos na pesquisa (FONSECA, 2002, p. 31-35).

Esta pesquisa, quanto aos meios, pode ser classificada como uma pesquisa bibliográfica e de levantamento. Bibliográfica, pois é um estudo desenvolvido a partir da análise de materiais já publicados que abordaram utilização de EPS na construção civil. Pesquisa de levantamento porque foi feito um levantamento de duas obras sendo uma de alvenaria convencional e outra de estrutura em EPS a fim de elaborar um comparativo de ambos os sistemas.

3.3 Universo e amostra

O universo, ou população, é o conjunto de elementos que possuem as características que serão objeto do estudo, e a amostra, ou população amostral, é uma parte do universo escolhido selecionada a partir de um critério de representatividade (VERGARA, 2007).

Neste trabalho o universo pesquisado é o sistema construtivo de EPS na RMBH, bem como suas vantagens e benefícios, aplicabilidade, qualidade e etapas de montagem. A escolha pelo tema deu-se a partir do interesse dos pesquisadores em aprofundar os conhecimentos sobre a casa de isopor e sua inserção no território nacional, atualmente, este tema ainda carece de informações, conceitos e detalhamento.

O estudo demonstra também as etapas construtivas e fases de montagem da casa de isopor, os materiais adequados e quais as funções que cada etapa deve exercer para que ao final do projeto atenda aos conceitos de um sistema construtivo ecoeficiente.

As amostras estudadas são baseadas em conceitos e fundamentos comparativos entre a construção de uma casa em alvenaria convencional e outra casa com painéis em EPS. Desta forma, a amostra selecionada pode ser classificada como não probabilística, sendo que a seleção foi feita por acessibilidade e tipicidade, onde os elementos pesquisados são considerados representativos da população-alvo (VERGARA, 2007).

3.4 Formas de coleta e análise dos dados

Segundo Gil (1999), a coleta de dados não é um processo acumulativo e linear cuja frequência, controlada e mensurada, autoriza o pesquisador, exterior à realidade estudada e dela distanciado, a estabelecer leis e prever fatos. A coleta e a análise dos dados, mesmo sendo diferentes acabam se relacionando.

A análise tem como finalidade organizar os dados de tal forma que possibilitem o fornecimento de respostas ao problema proposto para investigação. Já a interpretação tem como objetivo procurar o sentido das respostas de forma mais abrangente, o que é feito a partir de sua ligação a outros conhecimentos anteriormente obtidos (GIL, 1999, p. 168).

Para Merriam (1998), o processo de coleta e análise de dados além de ser bastante intuitivo, também é recursivo e dinâmico. O estudo do material leva o pesquisador a pensar sobre os dados, confrontando a abordagem teórica já existente, com a investigação levantada em campo.

Desta forma, na coleta de dados foram analisadas teses, dissertações e artigos científicos que tratam sobre o tema para ser utilizado como base no estudo. Para a comparação entre os sistemas avaliados, em alvenaria convencional e o sistema em EPS, foi identificado todos os materiais e procedimentos para a execução de cada um dos elementos que irão compor as construções. Foram levantados dados para a descrição dos mesmos e posteriormente os resultados foram demonstrados por meio de gráficos e tabelas, para cada sistema construtivo para efeito de comparação.

Para a análise comparativa dos sistemas construtivos foi utilizado um projeto de uma residência a ser construída em alvenaria convencional, desenvolvida pelos autores e o mesmo projeto de uma residência foi utilizado para realizar os levantamentos com o sistema de painéis em EPS. Todos os custos, referente aos materiais e mão de obra, estão sendo aludidos em valores médios levantados no primeiro semestre de 2021 na cidade de Belo Horizonte- MG.

3.5 Limitações da pesquisa

De acordo com Gil (1999), conceitua-se limitação como sendo a ação e o efeito de limitar ou restringir. O verbo “limitar” significa lugar/impor limites a algo, enquanto a noção de limite é vinculada a uma linha que separa os dois territórios, no final de um período de tempo, ao extremo para obter o psíquico e o físico ou uma restrição.

Este estudo descreveu o conceito histórico dos painéis de EPS, as principais etapas construtivas de uma alvenaria convencional e de uma estrutura em EPS mais conhecido com casa de isopor. Os limitadores desta pesquisa devem-se a falta de um protótipo para análise mais abrangente sobre a durabilidade e eficiência da estrutura.

O estudo está subordinado às limitações desde a falta de padronização e normas locais, até limitações impostas pelo ambiente mercadológico e populacional. Dado que estas limitações foram identificadas previamente e superadas, não invalidaram os objetivos do estudo em questão. Entretanto, os resultados e conclusões não podem ser entendidos como padrões únicos de uso.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo foram demonstrados os resultados e as discussões desta pesquisa, com vistas a responder o objetivo geral que norteia o presente trabalho: Demonstrar o custo-benefício do uso do sistema de EPS comparado com a alvenaria convencional.

Para atingir os objetivos específicos deste estudo foram utilizadas diversas referências bibliográficas com intuito de reunir vantagens e desvantagens importantes decorrentes da utilização do sistema construtivo em EPS e a comparação de custos com a alvenaria convencional.

4.1 Viabilidade de Utilização do Sistema em EPS

Sendo um material de escolha alternativa, devido ao seu desempenho, versatilidade técnica e custo-benefício, o EPS está cada vez mais ganhando espaço na construção civil, principalmente em virtude de suas características que fornecem alto desempenho, em relação a durabilidade, alta resistência e de peso leve, isolamento térmico e absorção de choques econômicos, entre outros.

O EPS pode ser utilizado em solos instáveis, lajes, paredes e é um material reutilizável, 100% reciclável e não poluente. Além de ser economicamente viável, o material não é alvo de insetos, fungos e bactérias, é extremamente leve que proporciona flexibilidade do material e sustentabilidade da edificação e canteiro.

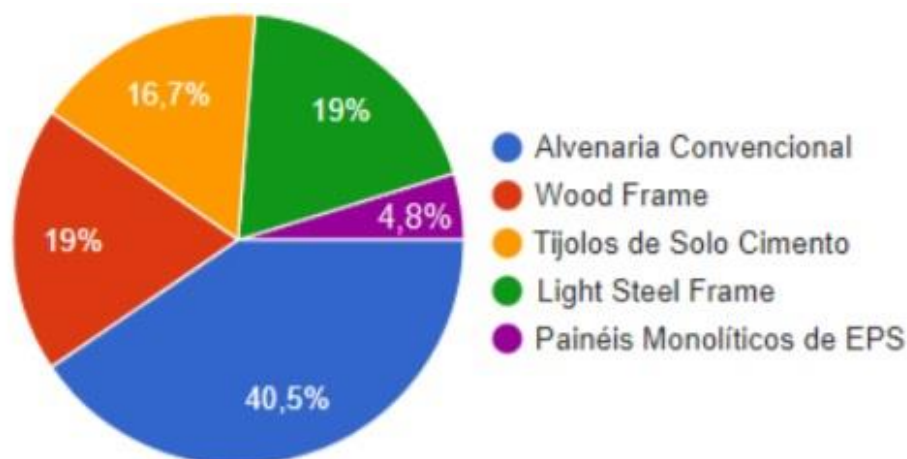
A utilização do sistema EPS em casas construídas em regiões de calor intenso, como no caso do extremo norte e nordeste do país, proporciona uma viabilidade econômica considerável, pois o conforto térmico proporcionado pelo sistema comparado com casas de alvenaria convencional apresenta eficácia nestas condições climáticas, gerando uma economia financeira em sistema de resfriamento além de reduzir o desconforto gerado pelo calor excessivo.

Nas obras de construção civil, a implantação do EPS também proporciona diversas vantagens, como: diminuição da mão de obra devido á leveza e facilidade de aplicação do material, é um ótimo isolante termo acústico causa redução notável do consumo de energia, redução de material para a estrutura e por consequência redução no custo total da obra.

Ainda que, atualmente, haja o aumento da preocupação com o meio ambiente e que se procura por sistemas alternativos que causem menos impactos ambientais, o motivo pelo qual as pessoas estão escolhendo a utilização do EPS nos empreendimentos é o custo menor que o sistema proporciona.

Mesmo com todas essas vantagens, o sistema em EPS é ainda muito pouco conhecido e utilizado no Brasil. Em um estudo feito com profissionais da construção civil, foi perguntado qual sistema construtivo os entrevistados gostariam de usar em um futuro projeto, o mais votado foi o sistema convencional de alvenaria, escolhido por 40,5% e o EPS foi escolhido por apenas 4,8%, conforme o Gráfico 3.

Gráfico 3 – Tipos de sistemas construtivos



Fonte: CAMARGO; FIGUEIREDO (2019).

Ainda segundo o estudo de Camargos e Figueiredo (2019), entre os entrevistados que não escolheram o sistema em EPS, foi questionado se escolheriam este modelo de construção e 59,5% responderam que não. Entre estes que negaram, perguntou-se o motivo e 52% declarou que haver receios quanto aos custos do sistema, enquanto 28% afirmou que não tinha confiança no sistema, os outros 20% justificou à falta de

um conhecimento e ausência de contato com empresas fornecedoras dos painéis de acordo com Gráfico 4.

Gráfico 4 – Motivos indicados após a negativa de uso do sistema em EPS



Fonte: CAMARGO; FIGUEIREDO (2019).

Com isso, é possível perceber que o sistema com painéis de EPS é pouco conhecido e ofertado no mercado, trazendo dúvidas mesmo aos que conhecem o método. Engenheiros com pouco conhecimento e deficiência na oferta e de empresas que executam o serviço causam dúvidas nos consumidores.

4.2 Vantagens e Desvantagens da Utilização do EPS na Execução de uma Residência

Com a pretensão de que futuramente as construções sejam menos agressivas ao meio ambiente, que consomem menos recursos naturais e gerem menos resíduos dominará o mercado, os painéis em EPS entram na linha de sistemas construtivos ecoeficientes. É fácil perceber a redução de desperdício, pois de acordo com Costa (2016) a alvenaria tradicional descarta cerca de 30 % de materiais na fase de execução, e de todo desperdício mundial 50% provem da construção civil, fazendo necessário à adoção de medidas para diminuir esse percentual, e EPS é uma solução que apresenta diversos benefícios.

Uma das principais vantagens do sistema de painéis em EPS é que num único produto encontra exigências normativas de desempenho estrutural gerando rapidez na execução. Outros aspectos vantajosos são a flexibilidade e durabilidade do sistema, ótimo isolante termo acústico, oferece baixa absorção de água, permitindo que a cura do concreto seja melhor e mais rápida

Segundo Alves (2015), no que se refere ao peso dos painéis, os mesmos chegam a ser cerca de trinta vezes mais leves e até 30% mais resistência do que a alvenaria tradicional de blocos cerâmicos, considerando os painéis sem revestimento. Na fase final, a semelhança estética é nítida, comparado aos sistemas convencionais.

Outra vantagem do método é que os EPS são naturalmente impermeabilizantes, com isso mesmo que tenha umidade nas paredes do lado de fora, os painéis de EPS não permite que a umidade passe para as paredes internas, trazendo mais durabilidade e diminuição de manutenção quanto a infiltrações.

No Quadro 2, a seguir, é possível verificar algumas vantagens da implantação do sistema construtivo de painéis em EPS, separadas por diversas áreas de atuação de modo a demonstrar com clareza nas informações em cada uma das suas propriedades.

Quadro 2 – Vantagens do uso de sistema construtivo em painéis de EPS

PROPRIEDADES	VANTAGENS
Baixa condutividade térmica	A estrutura das células são fechadas, cheias de ar e dificulta a passagem do calor o que torna o isopor um grande isolante térmico.
Leveza	As densidades do isopor variam entre os 10-30 kg/m ³ , o que facilita os serviços, ajudando a mão de obra e com isso as execuções na obra são significativamente reduzidas
Resistência a intempêres	O EPS está ausente de qualquer valor nutritivo, por isso fungos ou microrganismos não podem crescer com EPS.
Resistência mecânica	Apesar de muito leve, o isopor tem uma resistência mecânica elevada, que permite o seu emprego onde esta característica é necessária
Baixa absorção de água	O EPS não absorve umidade do ar e apresenta uma elevada resistência a passagem do vapor. Mesmo quando imergido na água, a absorção é mínima. Por isso, mesmo quando submetidas à umidade, consegue manter suas individualidades mecânicas e térmicas.
Absorção de choque	Por conta de suas células serem fechadas e repletas de ar, o EPS, possibilita uma elevada capacidade de absorção de choques, impactos, quedas, vibrações, pancadas, colisões, etc.
Fácil manuseio	Devido a sua leveza descomplica o manuseio do EPS na construção, tendo a maioria de seus deslocamentos significativamente diminuídos
Versatilidade	O EPS pode ser confeccionado de diversas maneiras, formas e tamanho e possui resistência química capaz de ser compatível com a maioria dos materiais usados na construção civil, tais como cimento, gesso, cal, água, entre outros.
Sistema ecoeficiente	O EPS é 100% reciclável, não agride o meio ambiente

Fonte: Adaptado REIS (2015) e COSTA (2007).

Além disso, também é necessário analisar critérios negativos desses sistemas construtivos. Mesmo diante a tantos benefícios, ainda uma das maiores desvantagens deste método é a desinformação e insegurança de sua eficiência e durabilidade.

Moura e Santos (2019) declaram, para que novas técnicas sejam aceitas no mercado da construção civil, não apenas é necessário um preço competitivo, mas também

pesquisas com intuito de aumentar a compreensão sobre o comportamento do sistema, para assim acelerar a otimização dos processos construtivos e deixar de lado métodos ultrapassados e desvantajosos, que ainda são utilizados apenas por serem convencionais.

No Quadro 3, verifica-se as desvantagens da implementação sistema construtivo de painéis em EPS separadas por áreas de atuação de modo a demonstrar com clareza nas informações em cada uma das suas propriedades.

Quadro 3 – Desvantagens do uso de sistema construtivo em painéis de EPS

PROPRIEDADES	DESVANTAGENS
Restrições de uso	Indicado apenas para casos específicos. Construção de maneira autoportante para até dois pavimentos
Mão de obra especializada	Necessário mão de obra especializada e empresas especializadas na fabricação dos painéis de EPS.
Barreira Cultural	Por se tratar de uma inovação tecnológica, é um método pouco conhecido e para os que conhecem ainda causa muita dúvida quanto a sua qualidade.
Restrições de Financiamento	Pouca aplicabilidade e falta de informação, financeiras dificultam os financiamentos para execução da obra com painéis de EPS
Incêndios	O Corpo de Bombeiros não recomenda a especificação da solução para alguns tipos de construções, pois quando o poliestireno expandido é exposto a temperaturas acima de 80°C, o núcleo começa a se degradar.

Fonte: Adaptado MOURA; SANTOS (2019).

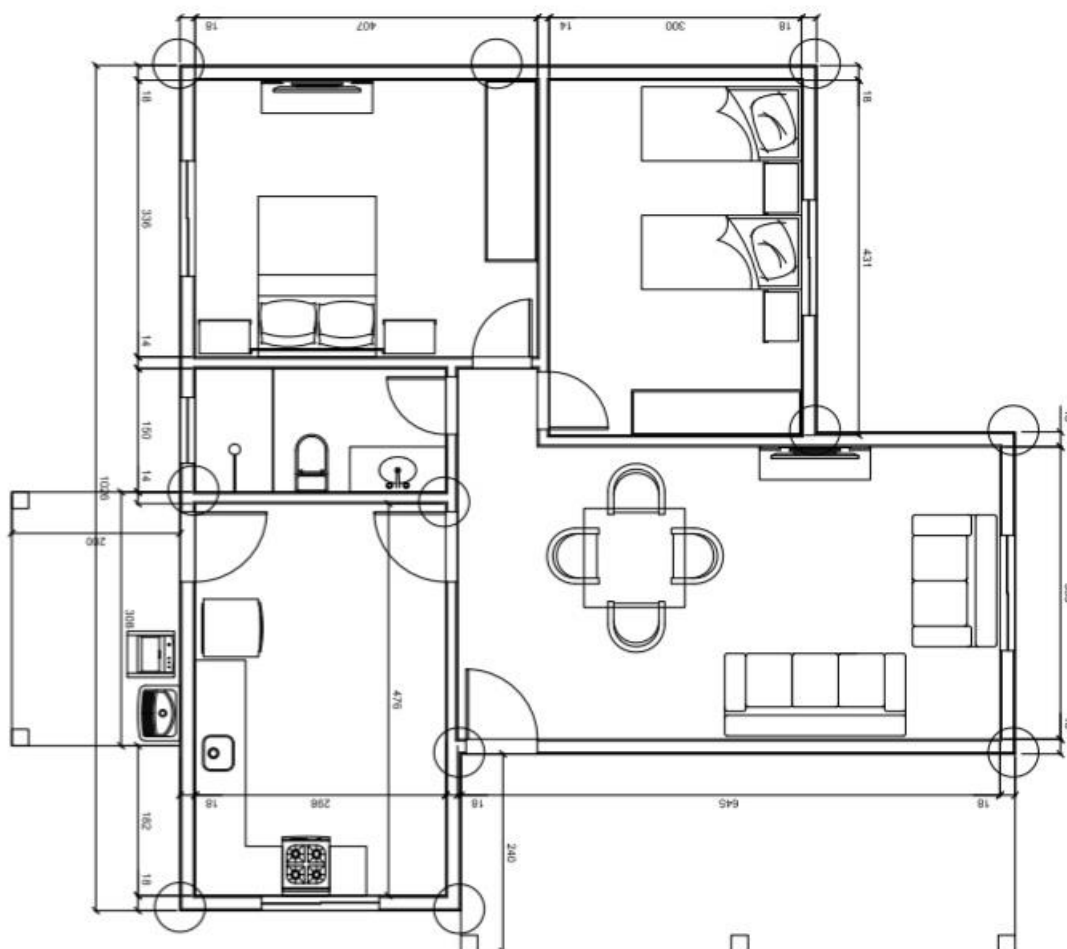
Dessa forma, apesar de tantos argumentos favoráveis, entende-se que para garantir a eficiência do método construtivo de painéis em EPS, é necessário tomar mais conhecimento, medidas e cuidados, tanto na qualidade do material a ser utilizado, quanto na mão de obra, visto que, é uma edificação ou residência que abrigará pessoas e precisar gerar segurança pra os moradores.

4.3 Comparativo de custo entre painéis de EPS e alvenaria convencional

Como o trabalho objetiva uma análise comparativa dos serviços comuns aos dois métodos construtivos estudados, foi utilizado para comparação os custos de terraplanagem, fundação, estrutura, impermeabilização, fechamentos, revestimentos internos, pisos e fachada, instalações, bancada e cobertura.

A construção analisada é de uma residência unifamiliar, pavimento térreo, totalizando 81 m² de área construída, realizada no sistema construtivo convencional, conforme Figura 16. A residência é composta por dois dormitórios, um banheiro, uma sala e uma cozinha. Para execução em painéis de EPS não é necessário fazer nenhuma alteração projeto arquitetônico.

Figura 16 – Planta da casa estudada



Fonte: Autores (2021).

No sistema convencional, a casa resultou no custo de R\$ 166.322,72 (cento e sessenta e seis mil, trezentos e vinte e dois reais e setenta e dois centavos), considerando todos os itens de acordo com a Tabela 2. É uma obra com prazo médio de 120 dias de construção com todas as instalações e acabamento devidamente realizadas.

Tabela 2 – Custos do Sistema Convencional

CUSTO SISTEMA CONVENCIONAL	
DESCRIÇÃO	VALOR
Terraplenagem	R\$ 4.649,00
Fundação	R\$ 29.497,21
Estrutura	R\$ 42.505,53
Impermeabilização	R\$ 4.376,48
Fechamentos	R\$ 21.790,87
Revestimentos Internos	R\$ 21.373,36
Revestimentos de Fachada	R\$ 9.402,99
Revestimentos de Piso	R\$ 15.241,15
Instalações	R\$ 6.000,00
Bancadas	R\$ 1.309,38
Cobertura	R\$ 10.176,75
TOTAL	R\$ 166.322,72

Fonte: Autores, 2021.

No sistema de painéis de EPS, a casa resultou no custo de R\$ 121.500,00 (cento e vinte e um mil e quinhentos reais), considerando todos os itens de acordo com a Tabela 1. É uma obra com prazo médio de 75 dias de construção com todas as instalações e acabamento devidamente realizadas.

Tabela 3 – Custos do Sistema em EPS

CUSTO SISTEMA EM EPS	
DESCRIÇÃO	VALOR
Terraplenagem	
Fundação	
Estrutura	
Impermeabilização	
Fechamentos	
Revestimentos Internos	R\$ 121.500,00
Revestimentos de Fachada	
Revestimentos de Piso	
Instalações	
Bancadas	
Cobertura	
TOTAL	R\$ 121.500,00

Fonte: Autores, 2021.

Com isso, pode-se concluir que neste caso estudado a escolha do sistema de painéis de EPS tem às duas grandes vantagens de uma obra: tempo e custo. A diferença no custo de entre um sistema e outro, o de EPS ficou 26,95% mais barato em relação ao convencional e na relação de tempo de execução a diferença foi de 37,5% a menos no sistema de painéis de EPS.

Não foi possível fazer o levantamento de custo de etapa por etapa pois a empresa que nos forneceu o orçamento dos painéis de EPS, tem um custo por m² variando o valor conforme com os acabamentos escolhidos.

5 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para atingir o objetivo geral do presente trabalho que era demonstrar o custo benefício do uso sistema construtivo com painéis de isopor (EPS) comparado com o sistema convencional foi realizado um levantamento de custo dos dois sistemas baseado em uma planta de uma residência unifamiliar de 81m².

Diante do estudo realizado, evidenciou-se que os painéis de EPS são candidatos capazes de substituir a alvenaria convencional na vedação de empreendimentos, visto que apresenta diversas vantagens em relação ao sistema convencional, principalmente no custo.

Foi visto que o sistema construtivo de EPS atende diversos requisitos, proporciona diminuição no tempo de execução e na geração menos resíduos e desperdícios e é um sistema ecoeficiente, porém é um método pouco utilizado, de pouco conhecimento e com escassez de mão de obra especializada.

Acredita-se que várias áreas da construção civil, arquitetura e ambiental necessitam de pesquisas mais aprofundadas para estimular o desenvolvimento desta técnica no setor. Por isso, algumas sugestões de trabalhos futuros que podem ser aconselhados a partir deste estudo, tais como explorar mais dados de modo a cooperar e incentivar com o tema em questão, análises de viabilidade em determinadas regiões e comparar as etapas construtivas considerando outras características, materiais e padrões de qualidade.

REFERÊNCIAS

ABBAGNANO, N. **Dicionário de filosofia**. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

ABRAPEX. Associação Brasileira do Poliestireno Expandido. **Características**. Disponível em: < <http://www.abrapex.com.br/02Caracter.html>>. Acesso em: 20 set 2020.

ABRAPEX. Associação Brasileira do Poliestireno Expandido. **O EPS na Construção Civil: Características do poliestireno expandido para utilização em edificações**. São Paulo, 2000.

ABRAPEX - Associação brasileira de poliestireno expandido. **O que é EPS**. Disponível em: < <http://www.abrapex.com.br/01OqueeEPS.html> >. Acesso em: 20 set. 2020.

ACEPE - Associação industrial do poliestireno expandido. **Do que é feito o EPS**. Disponível em: < <http://www.acepe.pt/index.php/eps/composicao-transformacao> >. Acesso em: 20 set. 2020.

AGUILAR, M. T. P.; MOTTA, S. R. F. **Sustentabilidade e processos de projetos de edificações**. Revista Gestão & Tecnologia de Projetos: São Paulo, 2009.

ALMEIDA, F. **O bom negócio da sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2002.

ALVES, J. P. O. **Sistema Construtivo em Painéis de EPS**. Artigo (Graduação) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade católica de Brasília: Brasília, 2015.

ABIQUIM - Anuário da Indústria Química Brasileira. São Paulo; **Associação Brasileira da Indústria Química**, 2015.

ART, W. H. **Dicionário de ecologia e ciências ambientais**. São Paulo: UNESP/Melhoramentos, 1998.

ASSUMPÇÃO, R. T. **EM423 Resistência dos Materiais**. Universidade Estadual de Campinas: Campinas, 2009.

BARRETO, M. N. **Casa EPS: Edifício Residencial em painéis monolíticos de Polietileno Expandido**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte: Natal, 2017.

BERTOLDI, R. H. **Caracterização de sistema construtivo com vedações constituídas por argamassa projetada revestindo núcleo composto de poliestireno expandido e telas de aço: dois estudos de caso em Florianópolis**. Dissertação (Pós Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

BNDES. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **Aspectos Gerais do Poliestireno**. Rio de Janeiro, 2002. Publicação disponível em:

<<http://www.bndes.gov.br>>. Acesso em: 22 de set. de 2020.

BRADESCO. A Ecoeficiência em agências, departamentos e demais dependências: dicas para o dia a dia no ambiente de trabalho. 2010. São Paulo, 2010. Disponível em: <https://www.bradescofornecedores.com.br/portal/PDF/fornecedores/cartilha_ecoeficiencia.pdf>. Acesso em: 06 out. 2020.

BRASILEIRO, L.L.; MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. Cerâmica: São Paulo, 2015.

BOLDRIN, A. J.; MACHADO, R. L.; CAMPOS, M. A.; LINTZ, R. C. C. Estudo das Propriedades Mecânicas do Concreto com Resíduos de Construção e Demolição Empregados na Produção de Blocos de Concreto. Congresso Brasileiro do Concreto, 48º, Rio de Janeiro, 2006.

BRUNTLAND, G.H. Our common future: The World Comission on Environment and Development. Oxford: Oxford University Press. 1987.

BRUYNE, P. Dinâmica das pesquisas em ciências sociais. Rio d Janeiro: Francisco Alves, 1991.

CAMARGO, G. M.; FIGUEIREDO, F. B. Análise de viabilidade de implementação da vedação com painéis monolíticos de EPS como substituto alvenaria convencional na cidade de Dourados-MS. Universidade Federal da Grande Dourados: Dourados, 2019.

CAMPOS, I. B.; OLIVEIRA, D. M.; CARNEIRO, S. B. M.; CARVALHO, A. B. L.; NETO, J. P. B. Relation Between the Sustainable Maturity of Construction Companies and the Philosophy of Lean Construction. IANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION: San Diego, 2012.

CANDIRACCI, A.; LACAYO, G.; MALTEZ, J. Manual Técnico: Todos los componentes de un edificio pueden ser construidos com M2 Emmedue. Suminsa: 2014. Disponível em: <https://www.academia.edu/28647855/Manual_Tecnico_EMEDUE_M2?auto=download>. Acesso em: 27 set. 2020

CIMINO, M. A. Construção sustentável e eco eficiência. Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina, 2002. Disponível em: <http://www.editorasegmento.com.br/semesp2/detalhes_tese.php?cod_tese=10>. Acesso em: 06 out. 2020

CLARO, P. B. O.; CLARO, D. P.; AMANCIO, R. Entendendo o conceito de sustentabilidade nas organizações. Revista de Administração da Universidade de São Paulo: São Paulo, 2008.

CORREIA, J. V. F. B. Contextualização dos princípios da construção enxuta: Aplicação da filosofia enxuta do sistema Toyota de produção na indústria da

construção civil em exemplos práticos. Cadernos de Graduação de Ciências exatas e tecnológicas: Aracaju, 2018.

COSTA, F. L. T. Casa de EPS: **Análise do uso dos painéis monolíticos de poliestileno expandido em construções residenciais.** Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Civil: Maceió, 2019.

COSTA, R. N. A. **Viabilidade Térmica, Econômica e de Materiais de um Sistema Solar de Aquecimento de Água a Baixo Custo Para Fins Residenciais.** Universidade Federal do Rio Grande do Norte: Natal, 2007

DUARTE, L.P.; CARNEIRO, P.V. **Sistema construtivo utilizando-se poliestireno expandido para vedação vertical.** Artigo (graduação em Engenharia civil) – Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2015.

ECOEICIENTES, **O que é e como fazer um telhado verde.** Disponível em <<http://www.ecoeficientes.com.br/o-que-e-e-como-fazer-um-telhado-verde/>>. Acesso em: 24 de set. 2020.

EPS – Poliestireno Expansível. **Comissão Setorial**, (2007). Disponível em <http://www.epsbrasil.eco.br/> Acesso em 27 de set. 2020.

FONSECA, João Jose Saraiva Da. **Metodologia de pesquisa científica.** UECE - Universidade Estadual do Ceará: Ceará, 2002. Disponível em: <http://leg.ufpi.br/subsiteFiles/lapnex/arquivos/files/Apostila_-_METODOLOGIA_DA_PESQUISA%281%29.pdf>. Acesso em: 28 out. 2020.

FUJIMOTO, T. **The evolution of a manufacturing system at Toyota.** New York: Orford University Press. 1999.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** São Paulo: Atlas, 1999.

GUEDES, F. C. V. **Índice de produtividade verde em uma indústria química de poliestireno expandido (IPV-BPS).** Universidade Federal da Paraíba: João Pessoa, 2018.

IHS MARKIT. **Polystyrene, Chemical Economics Handbook**, 2014. Disponível em <<https://ihsmarkit.com/products/polystyrene-chemical-economics-handbook.html>>. Acesso em: 24 de set. 2020.

JACQUES, F. **Mercado Brasileiro de poliestireno com ênfase no setor de eletrodomésticos.** TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

JJ DESIGN ARQUITETURA. **Sistemas Construtivos Sustentáveis.** Disponível em: <<http://www.jjdesign.com.br/sustentabilidade/sistemas-construtivos-sustentaveis.html>>. Acesso em: 28 de set. 2020.

KOSKELA, L.; OWEN, B.; DAVE, B. **Lean Construction, Building Information Modelling and Sustainability**. Eracobuild Workshop: Malmö, 2010.

LUEBLE, A. R. C. P. **Construção de habitações com painéis de EPS e argamassa armada**. In: Conferência latino-americana de construção sustentável x encontro nacional de tecnologia do ambiente construído: São Paulo, 2004.

M2 EMMEDUE. **Bulding Solutions**. Disponível em: <<http://en.mdue.it/constructionssystem/products/emmedue-panels/single-panel/>>. Acesso em 06 de out. 2020.

MACIEL, H. M. **Análise da ecoeficiência entre os países: um estudo entre os anos de 1991 e 2012**. Tese de Doutorado – Universidade Federal do Ceará: Fortaleza, 2018.

MARICATO, E. **Brasil, Cidades: alternativas para a crise urbana**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2001.

MEDEIROS, G. A. N. **Avaliação de Paredes Sanduiche em Argamassa Armada com Núcleo de EPS**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal da Paraíba: João Pessoa, 2017.

MERRIAM, S. B. **Qualitative research and case study applications in education**. São Francisco (CA): Jossey-Bass, 1998.

MOURA, J. V. S.; SANTOS, M. T. F. Utilização do Poliestireno Expandido (EPS) na Construção Civil. Faculdade Evangélica de Goianésia: Goianésia, 2019.

OLIVEIRA, L. S. **Reaproveitamento de resíduos de poliestireno expandido (isopor) em compósitos cimentícios**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de São João Del-Rei: São João Del Rei, 2013.

PIRES, G. S.; GONÇALVES, J. J.; PAULA, L.; LEITE, R. A.; MORAIS, R. J.; TERRÃO, R. C. R.; FIGUEIREDO, R. V.; FONSECA, T. M.; MELO, D. D. V. **Sistema de Construção Utilizando o Isopor para Confecção de Parede**. Faculdade Promove de Sete Lagoas: Sete Lagoas, 2018.

REIS, C. Painéis Monolíticos em EPS (Poliestireno Expandido). Guia de Obra, 2015. Disponível em: <<http://www.guiadaobra.net/painel-monolitico-eps-poliestireno-expandido-718/>> Acesso em: 29 de mar. 2021

Resolução nº 306 do CONAMA (2002)
<www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=306> Acesso em: 22 set. 2020.

RIBEIRO, C. F. **Fundação Radier: quando fazer, vantagens e desvantagens**. Geocontract: Santo André, 2019. Disponível em: <<https://impermeabilizacao.komercialize.com.br/Post/17547/fundacao-radier-quando-fazer-vantagens-e-desvantagens>> Acesso em: 22 de set. 2020

SANCHES, L. L.; PASQUALINI, S. I. M.; FERREIRA, J. P.; MARTINS, T. R. O. **Benefícios do Uso do Telhado Verde em Sistemas Construtivos**. CONRESOL: Foz do Iguaçu, 2019.

SANTIAGO, A. K. **O Uso do Sistema Light Steel Framing Associado a Outros Sistemas Construtivos como Fechamento Vertical Externo Não Estrutural**. Dissertação de Mestrado – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Brasil, 2008.

SANTOS, F.F.; TAMBARA JUNIOR, L. U. D.; CECHIN, N. F.; ALMEIDA, V. L.; SOUSA, M. A. B. **Adequação dos Municípios do Estado do Rio Grande do Sul à Legislação de Gestão de Resíduos da Construção Civil**. Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, 2012.

SANTOS, M. F. N.; BATTISTELLE, R. A. G.; HORI, C. Y.; JULIOTI, P. S. **GEPROS - Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, 2011.

SENADO FEDERAL (1988). **Constituição Federal do Brasil de 1988, Capítulo VI, n. 225**. Disponível em: <https://www.senado.leg.br/atividade/const/con1988/con1988_26.06.2019/art_225_.asp> Acesso em: 22 de set. 2020.

SILVA, F. B. **Paredes estruturais com painéis de EPS**. Revista Técnica Pini: São Paulo, 2009. Disponível em: < <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/151/sistemas-construtivos-paredes-estruturais-com-paineis-de-eps-287692-1.aspx> >. Acesso em: 27 set. 2020

SILVEIRA, G. V. V. **Proposta de caderno de encargos para utilização do sistema construtivo monolítico em painéis de EPS na execução de habitações de interesse social**. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Civil: Florianópolis, 2018.

SOUSA; V M, J. J.; ARAÚJO, D. **O ambiente construído a questão ambiental**. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/encac/files/1999/ENCAC99_167.pdf>. Acesso em: 24 set. 2020.

SOUZA, A. C. A. G. **Análise Comparativa de Custos de Alternativas Tecnológicas Para Construção de Habitações Populares**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2009.

TÉCHNE. **Tecnologia: Paredes de painéis monolíticos de EPS**. 2012. Disponível em: < <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/129/artigo285706-2.aspx>>. Acesso em 26 set. 2020.

TECHNE. **O processo monolite de construção com painéis de eps**. 1998. Disponível em <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/37/artigo285124-1.aspx>> Acesso em: 26 set. 2020.

TESSARI, J. **Utilização do Poliestileno Expandido e Potencial de Aproveitamento de seus Resíduos na Construção Civil**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis, 2006.

TORRES, E. **A evolução da indústria petroquímica brasileira**. Revista Química Nova: Porto Alegre, 1997.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 10^a ed. São Paulo: Atlas, 2007.

CASA DE ISOPOR: UM SISTEMA CONSTRUTIVO ECOEFICIENTE

Bruno de Oliveira Alvarenga ¹
Leonardo Silva Pignaton ²
Lucas Henrique Martins Cascalho ³
Jouber Paulo Ferreira ⁴
Tálita Rodrigues de Oliveira Martins ⁵

RESUMO

A utilização de novas tecnologias com o uso materiais alternativos, tornou-se necessário para minorar os impactos ambientais provocados pelo setor da construção civil. O presente trabalho pretende realizar uma pesquisa sobre as casas pré-fabricadas de isopor, buscando esclarecer a origem e como tal sistema tem sido utilizado, bem como os tipos de métodos existentes no mercado e os benefícios gerados na aplicação desse sistema. Torna-se interessante, nesse aspecto, aprofundar as pesquisas acerca da tecnologia e economia que o sistema apresenta e de como ele influencia na vida das pessoas e no meio ambiente. Explora-se a economicidade, a durabilidade, a eficiência, ecoeficiência, as etapas construtivas e elabora-se uma breve comparação entre estrutura com os painéis em EPS e a alvenaria convencional. Utilizou-se como metodologia de pesquisa a revisão bibliográfica e levantamento comparativo sobre os conteúdos citados, com a intenção de melhorar a compreensão sobre o assunto e abordar informações importantes, não só para a comunidade acadêmica visto que é um tema de importante relevância, para os setores sociais, econômicos e ambientais, contribuindo para as boas práticas de ações sustentáveis.

Palavras-chave: Casa de Isopor. EPS. Sistemas Construtivos. Ecoeficiência.

Correspondência/Contato

Faculdade de Engenharia de Minas Gerais

FEAMIG

Rua Gastão Braulio dos Santos, 837

CEP 30510-120

Fone (31) 3372-3703

paramétrica@feamig.br

<http://www.feamig.br/revista>

Editores responsáveis

Wilson José Vieira da Costa

wilsoncosta@feamig.br

Raquel Ferreira de Souza

raquel.ferreira@feamig.br

1 Graduando em Engenharia Civil – FEAMIG.

2 Graduando em Engenharia Civil – FEAMIG.

3 Graduando em Engenharia Civil – FEAMIG.

4 Engenheiro Civil; Especialista em Gestão de Obras de Engenharia; Docente da FEAMIG e da FASEH; Orientador.

5 Engenheira de Produção; Especialista em Gestão de Negócios em Petróleo e Gás; Mestre Engenharia Metalúrgica e de Minas; Docente da FEAMIG e da FASEH; Coorientadora.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado da população impacta diretamente o meio ambiente. As ações humanas são capazes de gerar poluição, degradação, alteração no clima e até esgotamento de recursos e áreas ambientais. Uma das ações humanas que mais afetam e consome o meio ambiente é a indústria da construção civil causando aumento do consumo de energia, desperdício de água, geração de resíduos, poluição, entre outros.

Devido à preocupação com os impactos causados ao meio ambiente e o aumento da competitividade no setor da construção civil, o mercado está buscando, através de inovações, novas técnicas construtivas, métodos e materiais mais eficientes, sustentáveis, como logísticas mais rápidas e custos reduzidos.

A introdução de novos sistemas construtivos ecoeficientes tais como: estrutura de isopor, telhado verde, jardins de chuva, sistemas de captação de água da chuva, dentre outras, podem reduzir resíduos, consumo de materiais e energia, preservar o ambiente natural e melhorar a qualidade do ambiente construído.

A utilização de painéis monolíticos de Poliestireno Expandido (EPS), mais conhecido como painéis de isopor, é um tipo de sistema construtivo ecoeficiente, onde em sua utilização proporciona um ambiente mais limpo, com menos resíduos, de execução rápida, com menor custo, além de diversos benefícios contidos em sua composição como, por exemplo, possuir maior resistência se comparado com a alvenaria convencional e ser um material isolante proporcionando isolamento termoacústico.

Contudo, esta pesquisa pretende apresentar os painéis de isopor como um sistema construtivo ecoeficiente, expondo seu método de implantação e seus benefícios, as vantagens e desvantagens, além de demonstrar o custo benefício dessa técnica na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH).

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Sistema Construtivo Ecoeficiente

Segundo Sanches *et al* (2019) um sistema construtivo pode constituir-se de conjunto de componentes, técnicas e elementos, que trabalham em conjunto ou individualmente. No caso de um sistema construtivo ecoeficiente, inclui-se o conceito e análises da ecoeficiência através da redução de custos e impactos ambientais.

Devido ao aumento da preocupação com o meio ambiente e os impactos ambientais sofridos, é considerável o aumento de pesquisas, novas tecnologias e uso de materiais ecologicamente corretos, assim como de sistemas construtivos ecoeficientes, como telhados verdes, jardins de chuva, painéis de isopor, *Light Steel Framing*, entre outros (CIMINO, 2002).

A construção civil é marcada por sistemas construtivos convencionais, no entanto, diante de várias possibilidades, novas técnicas e materiais, o setor tem procurado adquirir novas soluções tecnológicas e ecoeficientes, tais como: mão de obra qualificada, produção padronizada, racionalização dos processos, insumos, possibilidade de controle no cronograma da obra e redução do tempo de execução. Princípios característicos dos sistemas industrializados que vão de encontro aos problemas intrínsecos da construção artesanal (SANTIAGO, 2008).

No entanto, em razão da cultura convencional, o sistema construtivo ecoeficiente ainda sofre muito preconceito no mercado de construção civil, principalmente brasileiro, devido às desconfianças sobre as características de resistência, durabilidade e eficiência. Todavia, vem ganhando espaço tornando-se uma mudança inovadora, garantindo uma ótima ecoeficiência e economia nas edificações.

2.2 Alvenaria Convencional

De acordo com Thomaz *et al.* (2009) a alvenaria convencional, ou alvenaria de vedação, é aquela destinada a dividir espaços e preencher vãos de estruturas aço, concreto armado entre outras. Ela não trabalha de maneira a suportar cargas verticais calculadas na estrutura e sendo assim, precisam servir de suporte apenas para seu peso próprio e para as cargas de utilização do ambiente ao qual está sendo empregada.

Conforme Azevedo (1997), alvenaria convencional se trata de construções realizadas com as chamadas estruturas de fundação, ou seja, com vigas e pilares em concreto que são calcados e moldadas por meio de moldes de madeira e com vedação utilizando blocos de cerâmica, que são assentados com o uso da argamassa.

Sistemas convencionais de construção como a alvenaria, que utiliza blocos de cerâmica, por exemplo, são produzidos de forma lenta e precisam de uma mão de obra em maior quantidade. Tal método apresenta algumas características pouco vantajosas, como o grande desperdício de material utilizado, a falta de padronização da execução do

trabalho, dificuldade na fiscalização e controle de qualidade dos serviços prestados, assim como a necessidade de um bom planejamento no momento da execução (SANTIAGO, 2008).

Segundo Ramalho (2003), a alvenaria convencional no Brasil é um método tradicional, enraizado na cultura habitacional brasileira. Por isso, o método mais utilizado para a construção de casas e edifícios. Utiliza materiais simples, como cimento, blocos para vedação e aço, mas é oneroso nos gastos com mão de obra e tem baixa produtividade.

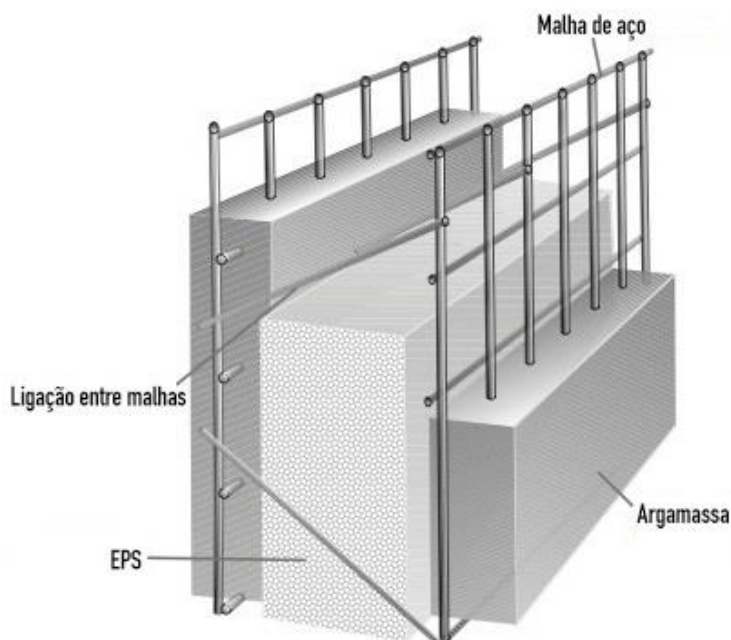
2.3 Casa de Isopor (EPS)

Nos últimos anos, desencadeou-se uma busca por materiais ecoeficientes para uso nas obras de construção civil. Já utilizado em diversos países, o sistema construtivo em painel de EPS (Poliestireno Expandido, conhecido como isopor®) vem se fortalecendo no segmento e se consolidando pela inovação, tecnologia e ecoeficiência (BARRETO, 2017).

Sua ecoeficiência é justificada pela obra limpa com baixa produção de resíduos, baixa contaminação de solo, água e ar, e economia de água na execução e por ser composto de material 100% reciclável. O material possui propriedade retardante a chama, com eficiência termo/acústica, inerente e resistente à agressão de agentes biológicos. Por fim, características como facilidade de fixar as tubulações, facilidade de transporte por se tratar de um material leve e compacto, disponibilidade em diversas espessuras conferem inovação e economia através da racionalização da construção com redução de desperdícios de material, redução do consumo de aço, otimização do tempo da construção, elevada produtividade e serialização da construção (JJ DESIGN, 2016).

A configuração de montagem, o painel de EPS encontra-se no meio, sendo sobreposta por malhas de aço leve de alta resistência interligadas por barras de aço e revestida com argamassa estrutural conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Estrutura de Montagem dos painéis de EPS



Fonte: <https://www.construcaocomeps.com.br/paineis-autoportantes-com-eps/> (2016).

Devido à configuração apresentada na Figura 1, esse processo é popularmente chamado de sanduíche. Como todo e qualquer material, os painéis de EPS desenvolvem seu melhor desempenho em determinados sistemas construtivos e possuem vantagens e desvantagens de sua utilização se comparado com o a de alvenaria convencional.

2.4 Uso do EPS na Construção Civil

O EPS é um material plástico, reciclável, não poluente, fisicamente estável, é sem dúvida um material isolante da melhor qualidade. Nos últimos anos esse material ganhou uma posição estável na construção civil, não apenas por suas características isolantes, mas também por sua leveza, resistência e facilidade de manuseio. Proporciona uma economia no corte, mão-de-obra, equipamentos e tempo de execução (TESSARI, 2006)

São diversos os usos do EPS na construção civil, inclusive em obras de estruturas grandes, como estradas e ferrovias. A espuma rígida de EPS é comprovadamente um material isolante que pode suportar variações de temperaturas de -50° a +80° Celsius, sendo assim um material isolante, capaz de suportar variações de temperaturas (COMISSÃO SETORIAL DE EPS, 2007).

Dentre as inúmeras aproveitamentos do EPS na construção civil, os mais aplicados de acordo com Tessari (2006) são: para o enchimento de elementos estruturais, lajes e fôrmas para concreto; isolamento térmico de lajes impermeabilizadas, telhados, paredes e dutos de ar condicionado; painéis autoportantes; forros isolantes e decorativos; isolamento acústico e térmico; juntas de dilatação e fundações para estradas.

No entanto, como a utilização do EPS é relativamente novo, as pessoas ainda têm certa resistência quanto ao seu uso em edificações, devido à cultura de processos convencionais e a ausência de conhecimento dos benefícios que o material proporciona.

2.5 Principais Características do EPS

O EPS é material plástico celular rígido, resultante da polimerização de estireno em água que não compromete o meio ambiente por ser um hidrocarboneto que se deteriora rapidamente pela reação fotoquímica com os raios solares. Sua composição química surgiu de polímeros e monômeros de estireno, que são líquidos extraídos do petróleo (OLIVEIRA, 2013).

Segundo Alves (2015) por se tratar de um material plástico, o EPS tem propensão a pegar fogo, por isso, são acrescentados ainda na fase de polimerização, aditivos que irão proporcionar ao material maior resistência ao fogo inibindo a ignição e a propagação do mesmo.

No final, de acordo com EPS Brasil (2014), se obtém um material plástico celular rígido em formato esférico de até 3 milímetros de diâmetro, que poderá atingir um aumento de até 50 vezes do tamanho original durante seu processo de expansão.

O EPS apresenta uma grande variabilidade de utilização, as principais características do EPS são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Características do EPS.

CARACTERÍSTICAS DO EPS	
Baixa condutibilidade térmica:	A estrutura de células fechadas, cheias de ar, dificulta a passagem do calor o que confere ao EPS um grande poder isolante.
Leve:	As densidades do EPS variam entre os 10-30 kg/m ³ , permitindo uma redução substancial do peso das aplicações que o utilizam.
Resistência mecânica:	Apesar de muito leve, o EPS tem uma resistência mecânica elevada, que permite o seu emprego onde esta característica é necessária.
Baixa absorção de água e insensível à umidade:	O EPS não é higroscópico. Mesmo quando imerso em água o EPS absorve apenas pequenas quantidades de água. Tal garante que o EPS mantém as suas características térmicas e mecânicas mesmo sob a ação da umidade.
Fácil de manusear e colocar:	O EPS é um material que se trabalha com as ferramentas habitualmente disponíveis, garantindo a sua adaptação perfeita à obra. O baixo peso do EPS facilita o manuseamento do mesmo em obra. Todas as operações de movimentação e colocação resultam significativamente encurtadas.
Versátil:	O EPS pode apresentar-se numa multitude de tamanhos e formas, que se ajustam sempre às dimensões da aplicação requerida.
Resistente ao envelhecimento:	Todas as propriedades do EPS mantêm-se inalteradas ao longo da vida do material, que é pelo menos tão longa quanto a vida da construção de que faz parte. O EPS não apodrece nem ganha bolor, não é solúvel em água nem liberta substâncias para o ambiente. O EPS não constitui substrato ou alimento para o desenvolvimento de animais ou microrganismos.
Amortecedor de impactos:	A estrutura de células fechadas cheias de ar do EPS proporciona um altíssimo poder de absorção de impactos, quedas, vibrações, etc., permitindo reduzir ao mínimo os danos a produtos embalados durante o transporte ou armazenamento.

Fonte: ASSUMPÇÃO (2009).

Ainda segundo Assumpção (2009) esse material ganhou nos últimos 35 anos uma posição estável na construção de edifícios, não apenas por suas características isolantes, mas também por sua leveza, resistência, facilidade de trabalhar e baixo custo.

3 METODOLOGIA

De acordo com Bruyne (1991), a construção de um trabalho científico não deve envolver somente a explicação teórica sobre o tema e tudo o que o envolve como exigência normatizadas ou os conceitos apresentados por autores em matéria de metodologia de pesquisa científica, mas também explicar de forma dinâmica quais foram os métodos empregados.

Realizando-se este estudo, nos conceitos relacionados à metodologia científica, esta pesquisa classifica-se como básica, portanto, houve a captação e acúmulo de

informações e conhecimentos que auxiliaram a encontrar resultados o sistema construtivo de painéis em EPS. Aplicando uma abordagem qualitativa por se tratar de um assunto pouco disseminado no Brasil, expondo a limitação de referências bibliográficas, deficiência de normatização e legislação brasileira.

Sua classificação quanto aos fins enquadra-se como exploratória e, ao mesmo tempo, descritiva. Exploratória, pois o estudo explora os benefícios do uso do EPS em sistemas construtivos de forma ecoeficiente, dado que este tema possui pouco conhecimento permitindo assim maior familiaridade com o tema. Descritiva porque tudo que for observado foi descrito, isso com objetivo de expor as características claras sobre a utilização deste sistema.

Quanto aos meios, classifica-se como uma pesquisa bibliográfica e de levantamento. Bibliográfica, pois é um estudo desenvolvido a partir da análise de materiais já publicados que abordaram utilização de EPS na construção civil. Pesquisa de levantamento porque foi feito um levantamento de duas obras sendo uma de alvenaria convencional e outra de estrutura em EPS a fim de elaborar um comparativo de ambos os sistemas.

Para a elaboração do estudo, foi realizada a coleta de dados por meio de teses, dissertações e artigos científicos que tratam sobre o tema para ser utilizado como base no estudo. Para a comparação entre os sistemas avaliados, em alvenaria convencional e o sistema em EPS, foi identificado todos os materiais e procedimentos para a execução de cada um dos elementos que irão compor as construções. Foram levantados dados para a descrição dos mesmos e posteriormente os resultados demonstrados por meio de gráficos e tabelas, em cada sistema construtivo com intuito comparativo.

O estudo está subordinado às limitações desde a falta de padronização e normas locais, até limitações impostas pelo ambiente mercadológico e populacional. Dado que estas limitações foram identificadas previamente e superadas, não invalidaram os objetivos do estudo em questão. Entretanto, os resultados e conclusões não podem ser entendidos como padrões únicos de uso. O estudo apresentado demonstra representatividade e aplicabilidade para colaborar com grupos que buscam entender melhor e abranger seus conhecimentos sobre os painéis de EPS como método construtivo

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Viabilidade de Utilização do Sistema em EPS

Sendo um material de escolha alternativa, devido ao seu desempenho, versatilidade técnica e custo-benefício, o EPS está cada vez mais ganhando espaço na construção civil, principalmente em virtude de suas características que fornecem alto desempenho, em relação à durabilidade, alta resistência e de peso leve, isolamento térmico e absorção de choques econômicos, entre outros.

O EPS pode ser utilizado em solos instáveis, lajes, paredes e é um material reutilizável, 100% reciclável e não poluente. Além de ser economicamente viável, o material não é alvo de insetos, fungos e bactérias, é extremamente leve que proporciona flexibilidade do material e sustentabilidade da edificação e canteiro.

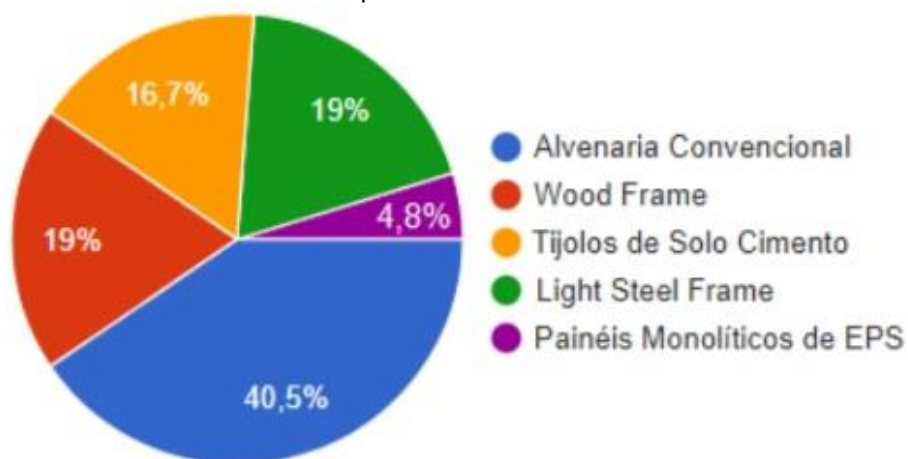
A utilização do sistema EPS em casas construídas em regiões de calor intenso, como no caso do extremo norte e nordeste do país, proporciona uma viabilidade econômica considerável, pois o conforto térmico proporcionado pelo sistema comparado com casas de alvenaria convencional apresenta eficácia nestas condições climáticas, gerando uma economia financeira em sistema de resfriamento além de reduzir o desconforto gerado pelo calor excessivo.

Nas obras de construção civil, a implantação do EPS também proporciona diversas vantagens, como: diminuição da mão de obra devido à leveza e facilidade de aplicação do material, é um ótimo isolante termo acústico causa redução notável do consumo de energia, redução de material para a estrutura e por consequência redução no custo total da obra.

Ainda que, atualmente, haja o aumento da preocupação com o meio ambiente e que se procura por sistemas alternativos que causem menos impactos ambientais, o motivo pelo qual as pessoas estão escolhendo a utilização do EPS nos empreendimentos é o custo menor que o sistema proporciona.

Mesmo com todas essas vantagens, o sistema em EPS é ainda muito pouco conhecido e utilizado no Brasil. Em um estudo feito com profissionais da construção civil, foi perguntado qual sistema construtivo os entrevistados gostariam de usar em um futuro projeto, o mais votado foi o sistema convencional de alvenaria, escolhido por 40,5% e o EPS foi escolhido por apenas 4,8%, conforme o Gráfico 1.

Gráfico 1 – Tipos de sistemas construtivos



Fonte: CAMARGO; FIGUEIREDO, 2019.

Com isso, é possível perceber que o sistema com painéis de EPS é pouco conhecido e ofertado no mercado, trazendo dúvidas mesmo aos que conhecem o método. Engenheiros com pouco conhecimento, deficiência na oferta e de empresas que executam o serviço causa dúvidas nos consumidores.

4.2 Vantagens e Desvantagens da Utilização do EPS na Execução de uma Residência

Com a pretensão de que futuramente as construções sejam menos agressivas ao meio ambiente, que consomem menos recursos naturais e gerem menos resíduos dominará o mercado, os painéis em EPS entram na linha de sistemas construtivos ecoeficientes. É fácil perceber a redução de desperdício, pois de acordo com Costa (2016) a alvenaria tradicional descarta cerca de 30% de materiais na fase de execução, e de todo desperdício mundial 50% provem da construção civil, fazendo necessário à adoção de medidas para diminuir esse percentual, e EPS é uma solução que apresenta diversos benefícios.

Uma das principais vantagens do sistema de painéis em EPS é que num único produto encontra exigências normativas de desempenho estrutural gerando rapidez na execução. Outros aspectos vantajosos são a flexibilidade e durabilidade do sistema, ótimo isolante termo acústico, oferece baixa absorção de água, permitindo que a cura do concreto seja melhor e mais rápida

Segundo Alves (2015), no que se refere ao peso dos painéis, os mesmos chegam a ser cerca de trinta vezes mais leves e até 30% mais resistência do que a alvenaria

tradicional de blocos cerâmicos, considerando os painéis sem revestimento. Na fase final, a semelhança estética é nítida, comparado aos sistemas convencionais.

Outra vantagem do método é que os EPS são naturalmente impermeabilizantes, com isso mesmo que tenha umidade nas paredes do lado de fora, os painéis de EPS não permite que a umidade passe para as paredes internas, trazendo mais durabilidade e diminuição de manutenção quanto a infiltrações.

No Quadro 2, a seguir, é possível verificar algumas vantagens da implantação do sistema construtivo de painéis em EPS, separadas por diversas áreas de atuação de modo a demonstrar com clareza nas informações em cada uma das suas propriedades.

Quadro 2 – Vantagens do uso de sistema construtivo em painéis de EPS

PROPRIEDADES	VANTAGENS
Baixa condutividade térmica	A estrutura das células são fechadas, cheias de ar e dificulta a passagem do calor o que torna o isopor um grande isolante térmico.
Leveza	As densidades do isopor variam entre os 10-30 kg/m ³ , o que facilita os serviços, ajudando a mão de obra e com isso as execuções na obra são significativamente reduzidas
Resistência a intempêres	O EPS está ausente de qualquer valor nutritivo, por isso fungos ou microrganismos não podem crescer com EPS.
Resistência mecânica	Apesar de muito leve, o isopor tem uma resistência mecânica elevada, que permite o seu emprego onde esta característica é necessária
Baixa absorção de água	O EPS não absorve umidade do ar e apresenta uma elevada resistência a passagem do vapor. Mesmo quando imergido na água, a absorção é mínima. Por isso, mesmo quando submetidas à umidade, consegue manter suas individualidades mecânicas e térmicas.
Absorção de choque	Por conta de suas células serem fechadas e repletas de ar, o EPS, possibilita uma elevada capacidade de absorção de choques, impactos, quedas, vibrações, pancadas, colisões, etc.
Fácil manuseio	Devido a sua leveza descomplica o manuseio do EPS na construção, tendo a maioria de seus deslocamentos significativamente diminuídos
Versatilidade	O EPS pode ser confeccionado de diversas maneiras, formas e tamanho e possui resistência química capaz de ser compatível com a maioria dos materiais usados na construção civil, tais como cimento, gesso, cal, água, entre outros.
Sistema ecoeficiente	O EPS é 100% reciclável, não agride o meio ambiente

Fonte: Adaptado REIS (2015) e COSTA (2007).

Além disso, também é necessário analisar critérios negativos desses sistemas construtivos. Mesmo diante a tantos benefícios, ainda uma das maiores desvantagens deste método é a desinformação e insegurança de sua eficiência e durabilidade.

Moura e Santos (2019) declaram, para que novas técnicas sejam aceitas no mercado da construção civil, não apenas é necessário um preço competitivo, mas também pesquisas com intuito de aumentar a compreensão sobre o comportamento do sistema, para assim acelerar a otimização dos processos construtivos e deixar de lado métodos ultrapassados e desvantajosos, que ainda são utilizados apenas por serem convencionais.

No Quadro 3, verifica-se as desvantagens da implementação sistema construtivo de painéis em EPS separadas por áreas de atuação de modo a demonstrar com clareza nas informações em cada uma das suas propriedades.

Quadro 3 – Desvantagens do uso de sistema construtivo em painéis de EPS

PROPRIEDADES	DESVANTAGENS
Restrições de uso	Indicado apenas para casos específicos. Construção de maneira autoportante para até dois pavimentos
Mão de obra especializada	Necessário mão de obra especializada e empresas especializadas na fabricação dos painéis de EPS.
Barreira Cultural	Por se tratar de uma inovação tecnológica, é um método pouco conhecido e para os que conhecem ainda causa muita dúvida quanto a sua qualidade.
Restrições de Financiamento	Pouca aplicabilidade e falta de informação, financeiras dificultam os financiamentos para execução da obra com painéis de EPS
Incêndios	O Corpo de Bombeiros não recomenda a especificação da solução para alguns tipos de construções, pois quando o poliestireno expandido é exposto a temperaturas acima de 80°C, o núcleo começa a se degradar.

Fonte: Adaptado MOURA; SANTOS (2019).

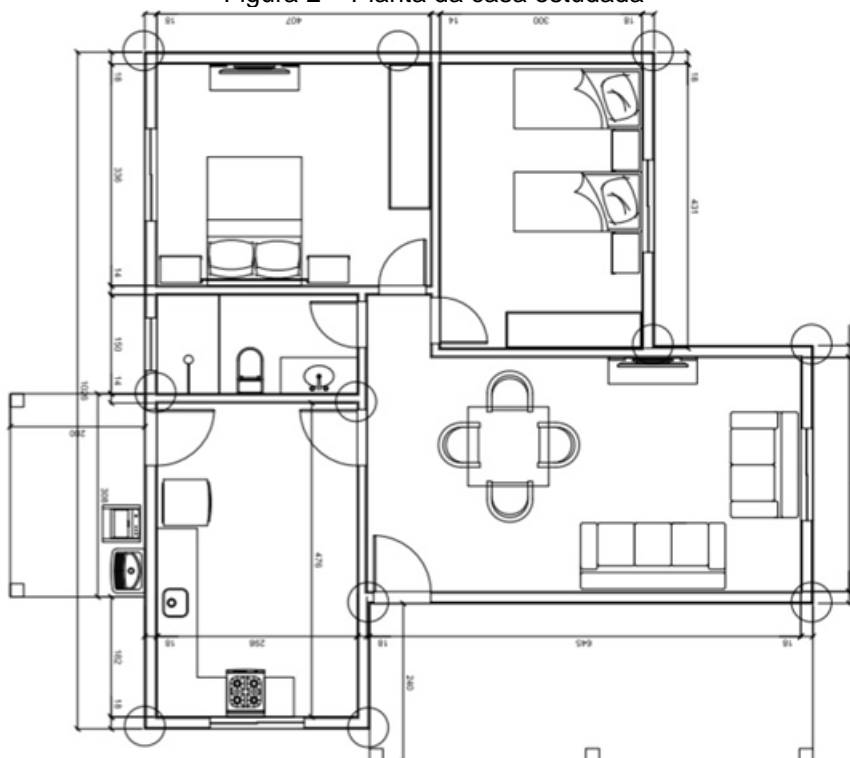
Dessa forma, apesar de tantos argumentos favoráveis, entende-se que para garantir a eficiência do método construtivo de painéis em EPS, é necessário tomar mais conhecimento, medidas e cuidados, tanto na qualidade do material a ser utilizado, quanto na mão de obra, visto que, é uma edificação ou residência que abrigará pessoas e precisar gerar segurança pra os moradores.

4.3 Comparativo de custo entre painéis de EPS e alvenaria convencional

Como o trabalho objetiva uma análise comparativa dos serviços comuns aos dois métodos construtivos estudados, foi utilizado para comparação os custos de terraplanagem, fundação, estrutura, impermeabilização, fechamentos, revestimentos internos, pisos e fachada, instalações, bancada e cobertura.

A construção analisada é de uma residência unifamiliar, pavimento térreo, totalizando 81 m² de área construída, realizada no sistema construtivo convencional, conforme Figura 2. A residência é composta por dois dormitórios, um banheiro, uma sala e uma cozinha. Para execução em painéis de EPS não é necessário fazer nenhuma alteração projeto arquitetônico.

Figura 2 – Planta da casa estudada



Fonte: Autor, 2021.

No sistema convencional, a casa resultou no custo de R\$ 166.322,72 (cento e sessenta e seis mil, trezentos e vinte e dois reais e setenta e dois centavos) considerando todos os itens de acordo com a Tabela 1. É uma obra com prazo médio de 120 dias de construção com todas as instalações e acabamento devidamente realizadas.

Tabela 1 – Custos do Sistema Convencional

CUSTO SISTEMA CONVENCIONAL	
DESCRIÇÃO	VALOR
Terraplenagem	R\$ 4.649,00
Fundação	R\$ 29.497,21
Estrutura	R\$ 42.505,53
Impermeabilização	R\$ 4.376,48
Fechamentos	R\$ 21.790,87
Revestimentos Internos	R\$ 21.373,36
Revestimentos de Fachada	R\$ 9.402,99
Revestimentos de Piso	R\$ 15.241,15
Instalações	R\$ 6.000,00
Bancadas	R\$ 1.309,38
Cobertura	R\$ 10.176,75
TOTAL	R\$ 166.322,72

Fonte: Autores, 2021.

No sistema de painéis de EPS, a casa resultou no custo de R\$ 121.500,00 (centro e vinte e um mil e quinhentos reais), considerando todos os itens de acordo com a Tabela 2. É uma obra com prazo médio de 75 dias de construção com todas as instalações e acabamento devidamente realizadas.

Tabela 2 – Custos do Sistema em EPS

CUSTO SISTEMA EM EPS	
DESCRIÇÃO	VALOR
Terraplenagem	
Fundação	
Estrutura	
Impermeabilização	
Fechamentos	
Revestimentos Internos	R\$ 121.500,00
Revestimentos de Fachada	
Revestimentos de Piso	
Instalações	
Bancadas	
Cobertura	
TOTAL	R\$ 121.500,00

Fonte: Autores, 2021.

Com isso, pode-se concluir que neste caso estudado a escolha do sistema de painéis de EPS tem às duas grandes vantagens de uma obra: tempo e custo. Em relação a diferença no custo entre um sistema e outro, o de EPS ficou 26,95% mais barato quando comparado com o convencional e em relação ao tempo de execução a diferença foi de 37,5% a menos no sistema de painéis de EPS.

Não foi possível fazer o levantamento de custo de etapa por etapa pois a empresa que nos forneceu o orçamento dos painéis de EPS, tem um custo por m² variando o valor conforme com os acabamentos escolhidos.

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do estudo realizado, evidenciou-se que os painéis de EPS são candidatos capazes de substituir a alvenaria convencional na vedação de empreendimentos, visto que apresenta diversas vantagens em relação ao sistema convencional, principalmente no custo.

Foi visto que o sistema construtivo de EPS atende diversos requisitos, proporciona diminuição no tempo de execução e na geração menos resíduos e desperdícios e é um sistema ecoeficiente, porém é um método pouco utilizado, de pouco conhecimento e com escassez de mão de obra especializada.

Acredita-se que várias áreas da construção civil, arquitetura e ambiental necessitam de pesquisas mais aprofundadas para estimular o desenvolvimento desta técnica no setor. Por isso, algumas sugestões de trabalhos futuros que podem ser aconselhados a partir deste estudo, tais como explorar mais dados de modo a cooperar e incentivar com o tema em questão, análises de viabilidade em determinadas regiões e comparar as etapas construtivas considerando outras características, materiais e padrões de qualidade.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. P. O. Sistema Construtivo em Painéis de EPS. Artigo (Graduação) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Católica de Brasília: Brasília, 2015.

ASSUMPTÃO, R. T. EM423 Resistência dos Materiais. Universidade Estadual de Campinas: Campinas, 2009.

AZEVEDO, Hélio Alves de. Edifício e seu Acabamento. São Paulo, Edgard Blücher Ltda, 2004.

BARRETO, M. N. Casa EPS: Edifício Residencial em painéis monolíticos de Polietileno Expandido. Universidade Federal do Rio Grande do Norte: Natal, 2017.

CAMARGO, G. M.; FIGUEIREDO, F. B. Análise de viabilidade de implementação da vedação com painéis monolíticos de EPS como substituto alvenaria convencional na cidade de Dourados-MS. Universidade Federal da Grande Dourados: Dourados, 2019.

CIMINO, M. A. Construção sustentável e eco eficiência. Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina, 2002. Disponível em: <http://www.editorasegmento.com.br/semesp2/detalhes_tese.php?cod_tese=10>. Acesso em: 06 out. 2020.

COSTA, F. L. T. Casa de EPS: Análise do uso dos painéis monolíticos de poliestileno expandido em construções residenciais. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Civil: Maceió, 2016.

COSTA, R. N. A. Viabilidade Térmica, Econômica e de Materiais de um Sistema Solar de Aquecimento de Água a Baixo Custo Para Fins Residenciais. Universidade Federal do Rio Grande do Norte: Natal, 2007.

EPS – Poliestireno Expansível. Comissão Setorial, (2007). Disponível em <http://www.epsbrasil.eco.br/> Acesso em 27 de set. 2020.

JJ DESIGN ARQUITETURA. Sistemas Construtivos Sustentáveis. Disponível em: <<http://www.jjdesign.com.br/sustentabilidade/sistemas-construtivos-sustentaveis.html>>. Acesso em: 28 de set. 2020.

MOURA, J. V. S.; SANTOS, M. T. F. Utilização do Poliestireno Expandido (EPS) na Construção Civil. Faculdade Evangélica de Goianésia: Goianésia, 2019.

OLIVEIRA, L. S. Reaproveitamento de resíduos de poliestireno expandido (isopor) em compósitos cimentícios. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de São João Del-Rei: São João Del Rei, 2013.

RAMALHO, Márcio A.; CORRÊA, Marcio RS. Projeto de edifícios de alvenaria estrutural. São Paulo: Pini, 2003.

REIS, C. Painéis Monolíticos em EPS (Poliestireno Expandido). Guia de Obra, 2015. Disponível em: < <http://www.guiadaobra.net/painel-monolitico-eps-poliestireno-expandido-718/>> Acesso em: 29 de mar. 2021.

SANCHES, L. L; PASQUALINI, S. I. M.; FERREIRA, J. P.; MARTINS, T. R. O. Benefícios do Uso do Telhado Verde em Sistemas Construtivos. CONRESOL: Foz do Iguaçu, 2019.

SANTIAGO, A. K. O Uso do Sistema Light Steel Framing Associado a Outros Sistemas Construtivos como Fechamento Vertical Externo Não Estrutural. Dissertação de Mestrado – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Brasil, 2008.

TESSARI, J. Utilização do Poliestileno Expandido e Potencial de Aproveitamento de seus Resíduos na Construção Civil. Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis, 2006.

THOMAZ, E.; FILHO, C. V. M.; CLETO, F. R.; CARDOSO, F. F. Código de Práticas Nº 01: Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos. São Paulo: IPT, 2009.