

**CENTRO UNIVERSITÁRIO BRASILEIRO - UNIBRA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA CIVIL**

**ENOQUE JOSÉ DA SILVA PEREIRA
EVELLYN NAYRANA BARBOSA DA SILVA PEREIRA
JOEL JOSÉ DE BRITO
KAROLINE BEATRIZ FONSECA GOMES DA SILVA
LUCAS HENRIQUE VIEIRA DE MELO**

**PLACAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO COMO
TÉCNICA CONSTRUTIVA SUSTENTÁVEL**

RECIFE

2022

**ENOQUE JOSÉ DA SILVA PEREIRA
EVELLYN NAYRANA BARBOSA DA SILVA PEREIRA
JOEL JOSÉ DE BRITO
KAROLINE BEATRIZ FONSECA GOMES DA SILVA
LUCAS HENRIQUE VIEIRA DE MELO**

PLACAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO COMO TÉCNICA CONSTRUTIVA SUSTENTÁVEL

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Disciplina TCC do Curso de Engenharia Civil do
Centro Universitário Brasileiro - UNIBRA, como parte
dos requisitos para conclusão do curso.

Orientador(a): Prof^a. Dr^a Elaine Cavalcanti Rodrigues
Vaz

RECIFE

2022

Ficha catalográfica elaborada pela
bibliotecária: Dayane Apolinário, CRB4- 1745.

P697 Placas de poliestireno expandido como técnica construtiva sustentável. /
Enoque José da Silva Pereira... [et al]. Recife: O Autor, 2022.
30 p.

Orientador(a): Dra. Elaine Cavalcanti Rodrigues Vaz.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro Universitário
Brasileiro – UNIBRA. Bacharelado em Engenharia Civil, 2022.

Inclui Referências.

1. Isopor. 2. Sustentabilidade. 3. Construção civil. I. Pereira, Evellyn
Nayrana Barbosa da Silva. II. Brito, Joel José de. III. Silva, Karoline Beatriz
Fonseca Gomes da. IV. Melo, Lucas Henrique Vieira de. V. Centro
Universitário Brasileiro - UNIBRA. VI. Título.

CDU: 624

Dedicamos esse trabalho a Deus.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos em primeiro lugar, a Deus, que cuidou de tudo nos mínimos detalhes, permitindo que chegássemos ao nosso objetivo final. E durante esses anos nos deu saúde, determinação para não parar e forças para enfrentar todas as adversidades.

À nossa orientadora por ter desempenhado tal função com dedicação e amizade. Por todos os conselhos, ajuda e paciência com a qual guiou o nosso aprendizado.

Aos nossos pais, Enoque e Janá; Nelson e Dulce; Gilberto e Waldenia; Lucas (*in memoriam*) e Maria. Por todo apoio, cuidado e dedicação que contribuíram para a realização desse trabalho. Aos nossos irmãos, Nelson e Isaura; Caio. Pela ajuda e incentivo. Aos nossos cônjuges, Janá; Darinalva; Lucas; Karol. Pelo companheirismo e parceria, por todos os momentos difíceis que nos precedeu até chegarmos aqui.

Aos filhos, Evellyn; Joel, Jonas, Joelma e Joselma. Pela grande participação, cuidado e por todo incentivo. Aos demais familiares, Damares, Jeremias e Jeferson; Jemima e Mateus; Heitor; principalmente *in memoriam* aos nossos avós, que se fizeram presentes em todos os momentos de nossas vidas.

A Ana Vitória; Adrielle, Vanessa e Bruno; family. Por todo apoio e amizade e por contribuir direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

*“A mente que se abre a uma nova ideia,
jamais voltará ao seu tamanho original.”*

(Albert Einstein)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	08
2 REFERENCIAL TEÓRICO	08
2.1 Meio Ambiente	08
2.2 <i>Poliestireno expandido (EPS)</i>	10
2.1.2 <i>Composição</i>	11
2.2 Fabricação	12
2.2.1 <i>Pré-expansão</i>	12
2.2.2 <i>Armazenamento Intermediário</i>	12
2.2.3 <i>Moldagem</i>	14
2.3 Comportamento ao Calor	15
2.3.1 <i>Classificação</i>	15
2.3.2 <i>Toxicidade</i>	16
2.4 Aplicação sustentável do EPS	16
2.4.1 <i>Controle ambiental no uso do EPS</i>	17
2.4.2 <i>Reaproveitamento do EPS</i>	18
2.4.3 <i>Sustentabilidade do EPS no sistema de Painéis monolíticos</i>	19
2.5 Método Construtivo Tradicional	20
2.5.1 <i>Alvenaria</i>	20
2.6 Casas construídas com painéis monolíticos de poliestireno expandido	22
2.6.1 <i>Fundação</i>	22
2.6.2 <i>Sistema Monolítico</i>	23
2.6.3 <i>Construção com EPS</i>	24
2.6.4 <i>Comportamento ao Calor</i>	25
2.6.4 <i>Classificação</i>	26
3 DELINEAMENTO METODOLÓGICO	26
4 RESULTADOS	27
5 DISCUSSÃO	27
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
REFERÊNCIAS	30

PLACAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO COMO TÉCNICA CONSTRUTIVA SUSTENTÁVEL

Enoque José da Silva Pereira
Evellyn Nayrana Barbosa da Silva Pereira
Joel José de Brito
Karoline Beatriz Fonseca Gomes da Silva
Lucas Henrique Vieira de Melo
Elaine Cavalcanti Rodrigues Vaz¹

Resumo: O conceito de sustentabilidade se baseia na utilização dos recursos naturais de forma consciente e responsável, equilibrando entre preservação do meio ambiente, o desenvolvimento econômico e o bem-estar social de um país. Na atualidade são de notória percepção as consequências geradas ao ambiente pela industrialização e tecnologias que não foram devidamente planejadas pelo escasso conhecimento da época das revoluções industriais e ondas de inovação. Por muitos anos as grandes empresas do setor construtivo ignoraram o fato da poluição gerada pelas grandes obras. Resíduos sólidos, consumo dos recursos naturais são o ápice desses problemas, colocando a construção civil como um dos maiores responsáveis por impactar negativamente o ambiente e o ecossistema. O presente trabalho tem como objetivo realizar uma revisão de literatura a cerca de uma tecnologia construtiva sustentável utilizando placas de poliestireno. A pesquisa foi realizada entre os meses de agosto a novembro de 2022, utilizando as bases de dados Google Acadêmico, Scielo, bem como livros. A utilização de placas de poliestireno vem ganhando espaço na construção civil, e mostra que, é possível equilibrar a sustentabilidade, desenvolvimento e o bem-estar social de forma legal, segura e econômica.

Palavras-chave: Isopor. Sustentabilidade. Construção Civil.

¹ Professora UNIBRA. Dr^a em Química. E-mail: elaine.cavalcanti@grupounibra.com.

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem por intuito apresentar uma tecnologia revolucionária, mas, pouco utilizada em território Brasileiro. As construções com painéis monolíticos de poliestireno expandido. Popularmente, em território nacional, o poliestireno é conhecido como isopor. O EPS (*Expanded Polystyrene*) ou em sua original tradução, poliestireno expandido é um plástico celular rígido, composto essencialmente por 98% de ar e 2% de matéria prima, a composição do material garante leveza a obra, por este motivo essa inovação vem ganhando mercado. Foi descoberto em 1949, no laboratório da BASF (Badische Anilin & Soda Fabrik) na Alemanha por Fritz Stasny e Karlo Buchholz, químicos por formação. O EPS resulta da polimerização do estireno em água e sua expansão é provocada pela ação do agente químico, o pentano (ABRAPEX, 2016).

Segundo BERTOLDI (2007) o sistema chegou no Brasil por volta do ano 1990 e foi registrado como Isopor em 1998 pela empresa Knauf Isopor®. Desde então, pesquisas e estudos vêm sendo realizados com intuito de inserir essa nova tecnologia ao mercado da construção civil de forma inerente. Com grande sucesso, o poliestireno expandido vem garantindo confiança no mercado, com as características técnicas e densidade adequada, tem-se sua aplicação presentes em lajes, forros, elementos estruturais, sancas e molduras, revestimentos e afins.

A inserção de casas construídas com placas monolíticas não se detém ao custo da obra, mas visa principalmente todo estrago ao meio ambiente causados pela atual forma construtiva. Resíduos sólidos, desperdícios de água e materiais. Contrapondo-se a essa prática, os painéis monolíticos apresentam uma solução, rápida, eficaz e sustentável (BERTOLDI, 2007).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Meio Ambiente

Segundo o CONAMA – Conselho Nacional do Meio ambiente, a definição exposta na resolução 306 (2002), meio ambiente é o: “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”.

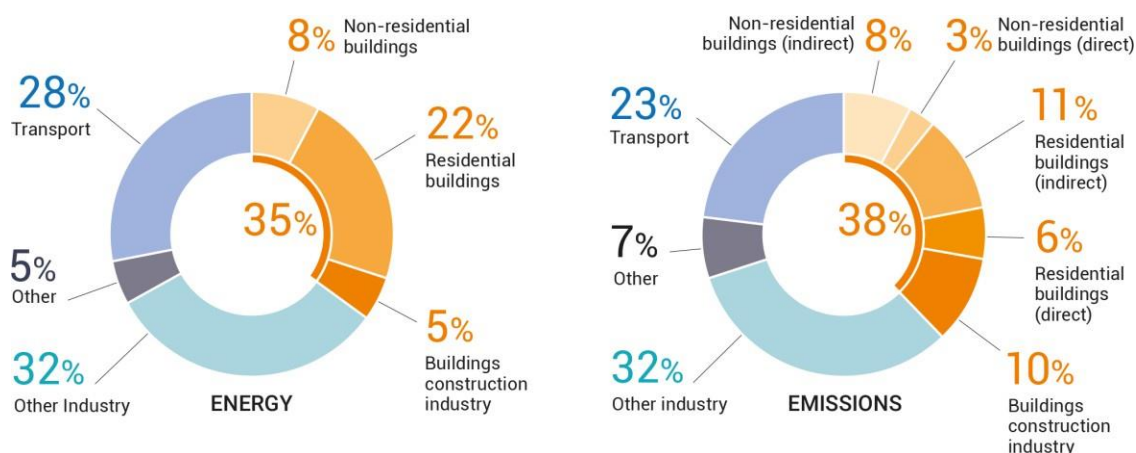
Nacionalmente, a Carta Magna (1988) trata o meio ambiente como objeto de regulação e preservação. Impondo ao poder público e a coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo (Artigo n. 225, Cap. VI).

Segundo Branco (1997), o problema da civilização moderna, tecnológica e industrial é a “vista grossa” para o consumo predatório dos recursos naturais. A crença que é possível produzir toda matéria orgânica para o consumo humano. Interferir no ciclo natural da água, afetando diretamente o clima, temperatura, constância da chuva, degradando o ecossistema de uma maneira geral.

O uso inconsciente dos recursos naturais afeta direta e indiretamente o planeta como um todo. Segundos dados publicados pela Organização *Internacional Global Footprint Network* (2019), o planeta terra alcançou o limite máximo de uso de recursos naturais. Naturalmente a terra é capaz de renovar os recursos primordiais para a vida humana, tais como: água, minério, petróleo. Mas o uso inconsciente desses recursos estão desproporcionais ao tempo necessário para a renovação natural.

Ainda de acordo com a organização citada anteriormente, 60% da pegada ecológica (medida de área em hectares globais que abrange terra e água) é formada por emissão de gás Carbônico (CO₂). Segundo a UNEP – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (2020), a indústria da construção civil é responsável por 38% de todas as emissões de CO₂, como apresentado na figura 1 (Global Status Report for Buildings and Construction, 2020).

Figura 1: Consumo final total de energia e emissão de CO₂.



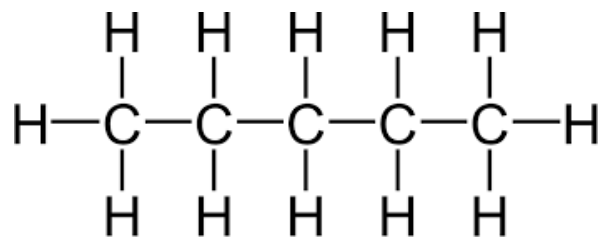
Fonte: (IEA 2020).

A busca por métodos sustentáveis que sejam capazes de reduzir o impacto ambiental e entregar um custo-benefício na obra em sua totalidade é combustível para pesquisas e experimentos na área da engenharia civil (THESING, 2020).

2.2 Poliestireno expandido (EPS)

De acordo com a definição da norma DIN ISO-1043/78, o EPS é um plástico celular rígido resultante da polimerização da água e do poliestireno. Para sua produção não se utiliza gás CFC (clorofluorcarboneto), vantagem que o inclui a favor da sustentabilidade. Desta forma, para a produção do EPS, o agente expensor usado é o pentano (C_5H_{12}) conforme representado na figura 02, um hidrocarboneto que não agride o meio ambiente.

Figura 2: Representação química da cadeia carbônica do pentano.



FONTE: (ALVES, 2015).

Segundo (NETO, 2008) a polimerização consiste em provocar uma combinação de moléculas iguais entre si, de tal modo gerando macromoléculas. O EPS tem como matéria prima o polímero do estireno, um hidrocarboneto líquido puro oriundo do petróleo. Ao final do processo de polimerização, geralmente são obtidas esferas de aproximadamente 3 milímetros de diâmetro (ABRAPEX, 2016). Durante a polimerização, o pentano, que é um agente expensor, entra em ebulição à temperatura ambiente (ALVES, 2015).

Os polímeros, em sua maioria, são originados principalmente do petróleo e do gás natural. Podem ser classificados como termoplástico ou termorrígidos. Sendo o primeiro a classe que abriga a maior parte dos polímeros. As principais propriedades dos polímeros termoplásticos são a solubilidade (podem ser solubilizado por vários solventes) e a fusão (podendo ser fundidos diversas vezes). Já os termorrígidos não

se alteram mediante a temperatura, se decompõem e não podem ser fundidos e remodelados novamente. O EPS é caracterizado como termoplástico, pois pode ser moldado por aquecimento quantas vezes solicitadas. (MICHAELI, 2005).

2.2 Fabricação

O processo de fabricação do EPS é feito em indústria e funciona em etapas, sendo elas a pré-expansão, onde a matéria prima é submetida a alterações físicas gerando avolumamento do abjeto resultante da matéria prima. O armazenamento, onde as perolas de poliestireno são submetidas a descanso ventilado, etapa que tem por objetivo a estabilidade mecânica e esfriamento do material. Por fim, as perolas de EPS são prensadas, dando origem a ultima etapa da fabricação, a moldagem. (ABRAPEX, 2016).

2.3. 1 Pré-expansão

No processo de fabricação o material sofre transformações físicas, mas os processos que é submetido não altera suas propriedades químicas. Na indústria, a matéria oriunda do petróleo passa pelo processo de polimerização, conforme visto na figura 3. A ser submetido ao agente expensor, o pentano, a matéria prima entram em processo de avolumamento. A etapa ocorre em uma máquina chamada de pré-expansor (BERTOLDI, 2007).

Figura 3: Representação esquemática do processo produtivo do EPS.



FONTE: EPS Brasil, 2014.

A pérola juntamente com o pentano é submetida ao contato com um vapor d'água a temperaturas variantes entre 80° e 110° C, o pentano se dilata em detrimento as grandes temperaturas expostas ocasionando a expansão das esferas de poliestireno, resultando em uma esfera de plástico celular com um volume variado de 20 a 50 vezes do tamanho original, representado na figura 4. (ABRAPEX, 2016).

Figura 4: Pérolas de EPS pré-expandidas.



FONTE: Portal EPS, 2022.

2.3.2 Armazenamento intermediário

Após a expansão, as pérolas consistem em 98% de ar e 2% de matéria prima. Sua característica mais sustentável se dá pela deterioração rápida do hidrocarboneto pela reação fotoquímica gerada pelos raios solares, sem comprometer o meio ambiente. Outro fator preponderante é o de conter ar dentro dessas esferas, acarretando um baixo peso específico do material, garantindo assim economia e leveza para a construção (NETO, 2008). O armazenamento intermediário é a fase de estabilização do material, onde ocorre o esfriamento do EPS.

A estabilidade mecânica é alcançada quando a pérola chega ao ápice de sua expansão, conforme Neto (2008), o material esfria mediante a silos ventilados ocasionando uma zona de depressão no interior das células, o ar circundante penetra o interior das partículas, preenchendo-as (figura 05).

Figura 5: Pérola de poliestireno (antes da expansão, menor) - granulado de EPS (após a expansão).

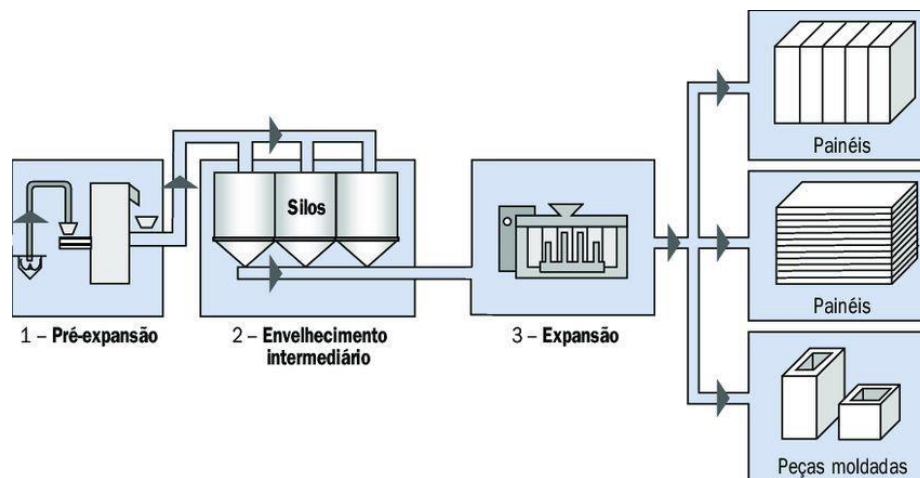


FONTE: BERTOLDI apud ACEPE, 2006.

2.3.3 Moldagem

Os painéis monolíticos de poliestireno são formados a partir do agrupamento das pérolas resultante da expansão. A base dessa moldagem é a partir de uma forma pré-definida aquecida pela exposição ao vapor d'água em uma temperatura equivalente a 110° - 120° C (BERTOLDI, 2007). Em seguida o material é apto para o corte, obtendo a forma de placas de painéis monolíticas ou peças moldadas visualizadas previamente em projeto (figura 06). A maior vantagem desse processo é a eficácia contra resíduos sólidos dispersados em canteiros de obras. Os painéis monolíticos são adquiridos conforme preestabelecido nos projetos, diminuindo significativamente o tempo de execução da obra vigente em detrimento as peças serem executadas em fábrica.

Figura 6: Processo de Transformação da matéria prima (poliestireno).



FONTE: GROTE E SILVEIRA, 2001.

2.4 Comportamento ao Calor

O EPS quando submetido a altas temperaturas perde massa e resistência. O conhecimento sobre o comportamento do material em caso de possíveis incêndios é obrigatório para solucionar e prevenir eventuais catástrofes e garantir a segurança e confiabilidade do método apresentado. (MARIANO E COL, 2022)

Segundo Bertoldi (2007), somente chamas acesas aplicadas sobre o material pode inflama-lo. Porém a quantidade de ar retida dentro do material não possui oxigênio suficiente para a combustão. Faíscas oriundas de fios desencapados também não inflamam o material.

Bertoldi (2007) realizou uma análise comparativa levando em consideração o quesito toxicidade. Obtendo um resultado desfavorável sobre a toxicidade dos gases. O resultado insatisfatório é referente a liberação de monóxido de carbono o mesmo liberado da combustão da madeira. A toxicidade desse gás é mediante a queima em condições de pouco oxigênio. Verificando com base na comparação que temperaturas acima de 500° C, provocam reações desfavoráveis sobre a toxicidade.

2.4.1 Classificação

De acordo com a NBR 11752 (ABNT, 2016), as placas monolíticas possuem duas classificações, tipo P e tipo F, sendo a última a utilizada no método construtivo em discussão. A classe tipo P – não retardante a chama não se enquadra no tipo de construção apresentada, pois suas características não alcançam o parâmetro de segurança. Segundo Bertoldi, (2007) a classe tipo F indica que o material é retardante a chama pois se contrai de forma progressiva quando é submetido a temperaturas acima de 100° a 120° C, ou seja, o comportamento do material reage de forma gradual, e apenas aos 230° C ele entra na fase líquida e libera os gases contidos, que por sua vez, não são inflamáveis. Para o EPS se consumir totalmente é necessária uma quantidade de oxigênio 130 vezes maior que o contido no isopor e uma temperatura de 400° a 500° C para a auto degradação. Mediante a possibilidades de exteriorização o EPS está protegido por uma camada de reboco, impedindo assim a entrada de oxigênio por meios externos para uma possível combustão.

2.5 Toxicidade

Uma pesquisa mais detalhada foi elaborada com diversos tipos de materiais, dentre eles EPS do tipo P e tipo F (retardante a chamas) e alguns materiais “naturais”. Conforme a tabela 1 o uso de EPS do tipo F apresenta menos danos à saúde em caso de incêndios de grande escala. A composição do gás de combustão em ppm (partes por milhão) mostra as temperaturas obtidas no ensaio e seu comportamento em cada corpo de prova (Mariano, e col. 2022)

Tabela 1: Toxicidade do EPS em função do tipo F ou P.

TOXICIDADE DE FUMAÇA DO EPS E VÁRIOS MATERIAIS "NATURAIS"					
Tipo de Amostra		Composição do gás de combustão em ppm (partes por milhão) a diferentes temperaturas de ensaio			
Gases despreendidos		300 °C	400 °C	500 °C	600 °C
EPS tipo "F" (com retardante de chama)	Monóxido de carbono	10*	50*	500*	1000*
	Estireno monômero	50	100	500	50
	Outros componentes aromáticos	traços	20	20	10
	Brometo de Hidrogênio	10	15	13	11
EPS tipo "P" (padrão)	Monóxido de carbono	50*	200*	400*	1000*
	Estireno monômero	200	300	500	50
	Outros componentes aromáticos	traços	10	30	10
	Brometo de Hidrogênio	0	0	0	0
Madeira de pinho	Monóxido de carbono	400*	6000**	12000**	15000**
	Componentes aromáticos	não detectado	não detectado	não detectado	300
Placas de cortiça expandida	Monóxido de carbono	1000*	3000**	15000**	29000**
	Componentes aromáticos	traços	200	1000	1000
Madeira aglomerada	Monóxido de carbono	14000**	24000**	59000**	69000**
	Componentes aromáticos	traços	300	300	1000

Fonte: MARIANO, E COL. 2022

2.6 Aplicação sustentável do EPS

Segundo o (MANUAL DE UTILIZAÇÃO DO EPS NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2006), as vantagens e aplicabilidades do EPS na construção civil são diretamente relacionadas as características. Por ser um material composto essencialmente por ar, possui baixo peso e melhor manuseio. Evitando o uso de grandes equipamentos para mobilidade das placas monolíticas. Os painéis possuem baixa condutividade térmica e absorção de água. O tempo de vida útil de casas construídas com esse método é superior ao método tradicional de alvenaria estrutural, pois não é consumido por microrganismos, tais como o bolor.

A cura da argamassa ocorre de forma mais rápida, devido ao isolamento térmico a baixa absorção de água do EPS chega de no máximo 5%. Neto (2008) afirma que a aplicabilidade correta do material evita variados intempéries, apresentando um adequado desempenho durante a vida útil da obra. O material não possui valor nutritivo, não possui alteração quando em contato com o solo e com a água. Os benefícios das placas em EPS estão listados na tabela 2.

Tabela 2: Benefícios das placas em EPS.

BENEFÍCIOS DOS PAINÉIS MONOLÍTICOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

CURTO PRAZO	MÉDIO PRAZO	LONGO PRAZO
Velocidade de Construção	Isolamento Térmico	Impermeabilização
Economia	Isolante Acústico	Resistência
Obra Sustentável	Segurança Residencial	Durabilidade Da Obra
Liberdade Arquitetônica	-	Facilidade De Reforma

Fonte: Autor, 2022.

2.6.1 Controle Ambiental no uso do EPS

Administrar resíduos sólidos é essencial para se construir cidades sustentáveis, mas ainda é um dos maiores desafios para muitos países em desenvolvimento como o Brasil. A lei que rege a gestão de resíduos sólidos no país é a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, também conhecida como Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Esta lei em conjunto com a Resolução CONAMA nº 307/2002, estabelecem diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

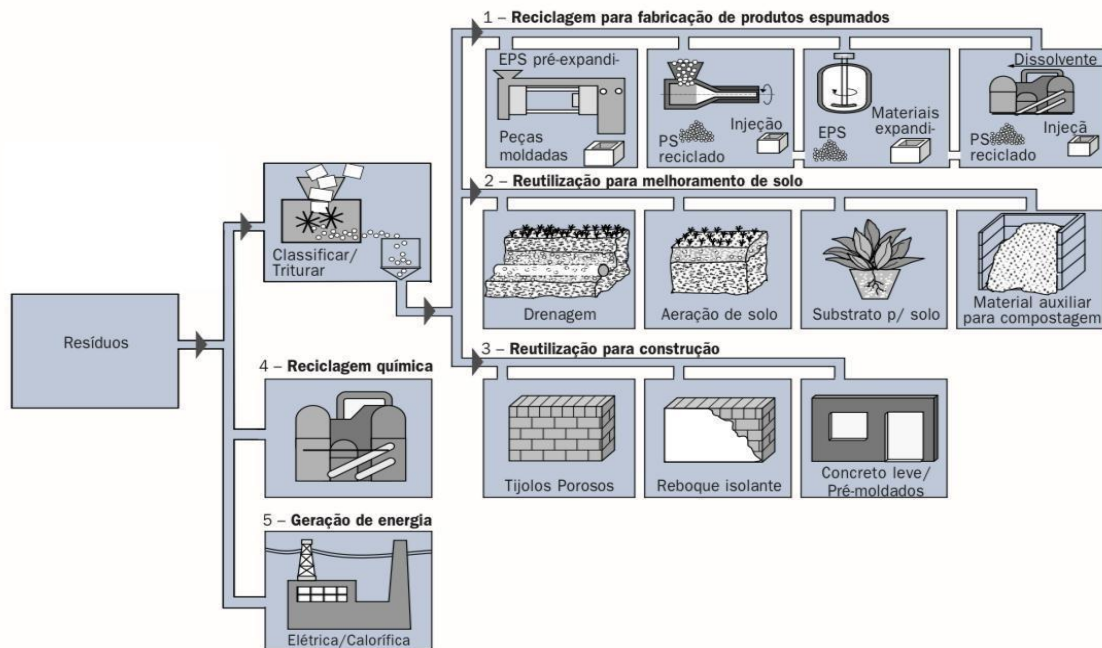
Estes dois regulamentos determinam que os geradores de resíduos sólidos devem obedecer a norma e destinar a disposição final ambientalmente adequada aos rejeitos. Deste modo, a boa destinação do EPS de acordo com a PNRS, consiste em adotar práticas de aproveitamento e reciclagem, além de buscar meios de reduzir a geração de entulho.

2.6.2 Reaproveitamento do EPS

De acordo com Grote e Silveira (2002), os processos de reaproveitamento de materiais à base de EPS são aplicados conforme a utilização final do produto (Figura 07). Os rejeitos podem ser processados para serem novamente moldados em forma de blocos, injetados para formar peças para embalagens; ser usados como substratos para melhoramento de solo, para drenagens e jardineiras, na aeração de substâncias para melhoria da decomposição; podem ser reutilizados na construção civil; ou até gerar energia elétrica ou calorífica; por combustão direta e podem ser aplicados como complemento em moldes de peças injetadas ou fundição no ramo industrial. Na figura 8 pode-se observar os processos de transformações dos resíduos de EPS em seus

usos finais.

Figura 7: Processos de reciclagem de resíduos à base de poliestireno expandido.



Fonte: GROTE E SILVEIRA, 2002

Segundo Tessari (2006), municípios que contam com coleta seletiva de lixo podem utilizar o EPS moído na produção de concreto leve para regularização de lajes em geral, calçadas, sub-base para pisos de acabamento, enchimento de rebaixos, quadras esportivas, casas pré-fabricadas, painéis de vedação.

Com relação à geração de energia, 1 Kg de material plástico equivale a 1 Kg de óleo combustível. Em face disto 15% da reciclagem realizada na Europa Ocidental é efetuada com a reciclagem energética, o que beneficia a redução do uso de combustíveis, deste modo a economia é dos recursos naturais. Em específico, os produtos oriundos do EPS, quando usados para geração de energia em usinas térmicas em sua combustão, realizada em cerca de 1000° C, somente ocorre liberação de vapores de água e gás carbônico. Elementos que fazem parte da natureza abundantemente (BERLOFA, 2009).

2.6.3 Sustentabilidade do EPS no sistema de painéis monolíticos

Primeiramente, em relação ao sistema de vedação tradicional, em blocos cerâmicos, Condeixa (2013) afirma que este tem produção rudimentar e raramente padronizada na fase que antecede a construção, no qual compreende a fase de extração, beneficiamento e produção dos produtos primários que integram a estrutura final, com elevadas perdas durante a fabricação e no transporte dos materiais.

Quando se trata de manutenção, particularmente na demolição de estruturas, há formação de grande quantidade de resíduos, de materiais fragmentados e de ruídos. Dessa forma, o sistema convencional, se evidencia pelo desperdício de matéria-prima e pela grande produção de resíduos, como a elevada quantidade de madeira proveniente das formas do concreto armado (CONDEIXA, 2013).

Já a respeito da construção de edificações com painéis monolíticos de EPS, Barreto (2017) afirma que 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 também por ser composto de material 100% reciclável.

Segundo Moraes e Brasil (2015), a questão da sustentabilidade do sistema monolítico em painéis de EPS é um dos fatores de maior importância do método, visto que no assunto de impactos ao meio ambiente ele é o que menos atinge a natureza quando confrontado aos demais sistemas.

O Poliestireno Expandido é fabricado conforme à Política Nacional de Resíduos Sólidos, portanto, não possui composição tóxica ou perigosa para o meio ambiente e até mesmo para a camada de ozônio, sendo livre de CFCs (clorofluorcarbonetos), o gás incluso nas células do EPS é o próprio ar. Para sua fabricação se demanda pouca energia por referir-se a um plástico e por ser bastante leve, assim como origina mínimos resíduos sólidos ou líquidos (ACEPE, 2009).

2.7 Método construtivo tradicional:

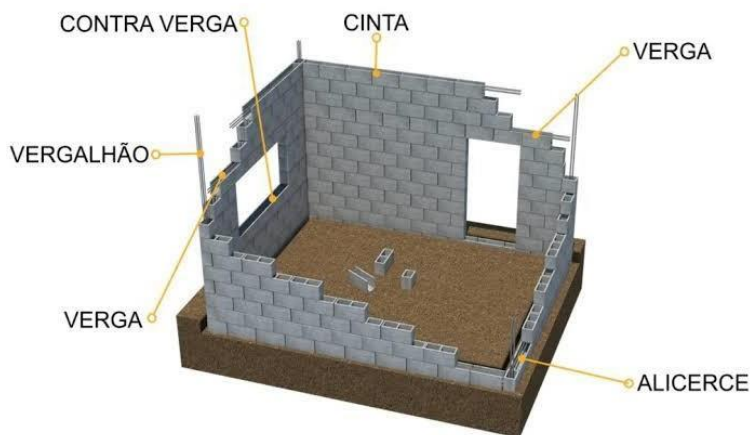
2.7.1 Alvenaria.

A construção em alvenaria é método mais antigo registrado. Não existe precisão da sua descoberta. Estudos indicam que as primeiras construções usando alvenaria foi por volta dos anos 8.000 a 4.000 a.c na Mesopotâmia. Os

primeiros materiais utilizados para a execução de uma alvenaria foram o adobe, barro queimado, argila seca ao sol e os blocos de arenito. Descobertas e desenvolvimento de formas construtivas eram método de colonização e sobrevivência. Não havia estudo prévio sobre o uso dos materiais. (CRUZ, 2021). Este é o método mais utilizado no Brasil, pois essa técnica apresenta boa resistência e durabilidade. (BERTOLDI, 2007).

A função de uma alvenaria pode ser dada por vários fatores, dentre eles dois se caracterizam como principais. Construções convencionais e estruturais. Sendo característica da convencional a funções de vedar estrutura ou dividir cômodo sendo utilizado vigas e pilares para conduzir o peso da estrutura para o solo. Já a estrutural é de sustentar os elementos diretamente na alvenaria. Na figura 8 é possível visualizar a alvenaria estrutural.

Figura 8: Representação da Alvenaria



Fonte: RETONDO, 2015

A alvenaria é um método simples, mas são necessárias muitas etapas para a sua execução, tornando, no geral, o processo demorado (SANTOS, RACHID, 2017). De acordo com Labuto (2014), a alvenaria requer maior número de profissionais para a execução da construção, alto período de tempo para a entrega da obra, uso desenfreado de recursos e grande probabilidade de falhas.

Por se tratar de um método antigo de construção, foi sofrendo alterações em sua estrutura. Estudos recorrentes e especificações garantiram a esse método,

segurança, padronização e tecnologia. A facilidade de mão de obra, materiais e maquinários somam positivamente no sistema. Segundo Bertoldi (2017), essa forma construtiva apresenta vantagens no quesito variedade construtiva, contendo diversas formas, cores, texturas e materiais disponíveis para as construções.

Como a alvenaria foi o primeiro método construtivo, a sua evolução não garantiu estudos socioambientais para a utilização de recursos naturais. Tais como o uso da água, fontes não renováveis de matéria prima e descarte irresponsável e acúmulo de resíduos sólidos. O acúmulo desses materiais não recicláveis ou com tempo de vida útil muito alto para sua biodegradação uma problemática ambiental se fez notório, transformando a construção civil em uma das áreas mais poluentes (LABUTO, 2014).

3. DELINEAMENTO METODOLÓGICO

O método de pesquisa foi a revisão bibliográfica, foi utilizando como referências bibliográficas, pesquisas empíricas e estudos científicos como base, com o intuito de definir qual o método construtivo mais sustentável, apresentando subsídios e levando em consideração os tópicos apresentados, tais quais, tempo, obra, serviço, acabamento e mão de obra.

Foi elaborado uma sequência de comparativos se baseando em coleta e análise de dados e teorias consolidadas obtidas através de pesquisas e estudo anteriores, com esses resultados, foram observados prós e contras para cada método, com o objetivo central de eliminação de resíduos sólidos e uso correto de materiais não renováveis utilizado na construção civil de forma inconsciente e possivelmente irreversível para o planeta.

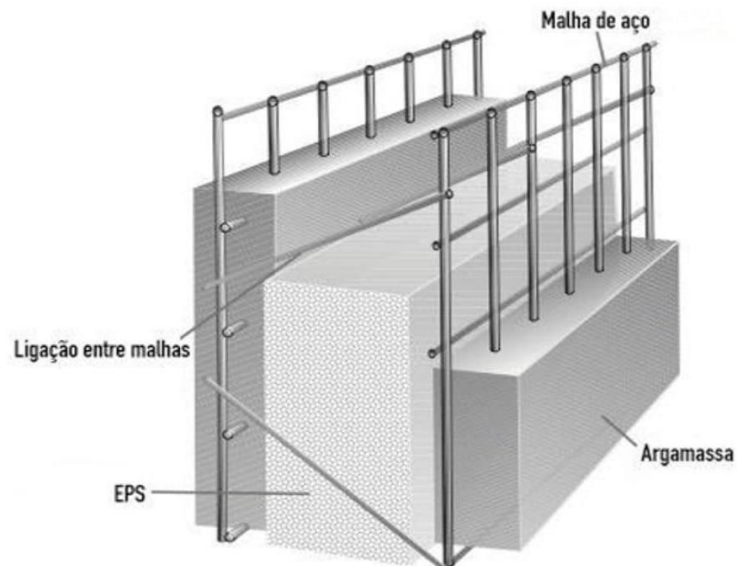
4. RESULTADOS

4.1 Sistema Monolítico

O sistema de painéis monolíticos de EPS utilizado na construção civil, objeto desse estudo, consiste na junção de um painel modular de EPS á duas telas de aço e revestido por argamassa, que garante resistência a peça, na

figura 09 é possível observar a representação da estrutura monolítica. (BERTINI, 2002).

Figura 09: Estrutura do painel monolítico



Fonte: Polisor, 2022.

Baseado no método construtivo padrão, o sistema monolítico também apresenta duas formas construtivas, a estrutural e não estrutural. Na forma estrutural não é utilizado os pilares e vigas representados na figura 10, a laje é diretamente sobreposta nas paredes sendo essas responsáveis por repassar a carga da edificação para a fundação. Contrapondo a forma não estrutural onde os painéis assumem papel de vedação, atendendo os requisitos do projeto. (MACHADO; PINTO, 2001)

Figura 30: montagem dos painéis



Fonte: Ecopainel, 2020

Esse método construtivo é formado por uma placa de EPS (classe F – retardante à chama) coberta por telas de aço galvanizado horizontais e verticais com diâmetro variante de 2mm a 10mm e as dimensões da malha pode variar de 50mm a 300mm de espaçamento revestido por argamassa. Conforme Bertoldi (2007), a malha mais utilizada nas placas possui bitola de 3,4mm.

As placas monolíticas são previamente encomendadas sob medida de acordo com o projeto. Segundo Lueble (2004) esse tipo de construção modular reduz o tempo de execução da obra em até 70% comparado ao sistema tradicional. Afirma também que o sistema em questão é tecnologicamente mais avançado e vantajoso em todos os âmbitos do período construtivo. Apresentando vantagens significativas mediante a estudos comparativos dos dois métodos.

4.2 Construções com EPS

As placas monolíticas são instaladas sob medida na fundação como observado na imagem 11. Em seguida a aplicação da argamassa de revestimento. O reboco aplicado sob as telas, conforme observado na imagem 12, garante minimizar ou excluir possíveis problemas de fissuração oriundos de esforços mecânicos e térmicos (BERTOLDI, 2007). A cura correta evita a

evaporação da água livre, proporcionando uma hidratação no cimento para evitar fissuras de retração e, contudo, garantir melhor vedação ao sistema monolítico. As etapas subsequentes se dão de acordo com o projeto da obra, quantidade de pavimento e arquitetura escolhida.

Figura 11: Painéis monolíticos aplicados no radier.



Fonte: ECOKIT CASAS, 2016

Figura 12: Revestimento do EPS



Fonte: Costa, 2020.

5. DISCUSSÃO

O método tradicional é viável quando não visto de um âmbito sustentável. A utilização de água em canteiros, perda de material, resíduos sólidos, excesso de materiais e maquinários, dificuldade de tráfego por espaço reduzido e tempo de construção. São problemáticas notórias em uma obra convencional. Por se tratar de um sistema antigo de construção a busca por mão de obra qualificada não é um problema. Existe mais profissionais qualificados do que a demanda exige.

Como visto no presente trabalho, as construções com as placas monolíticas são construídas pelo método *monolite*. As peças de isopor adentram o canteiro de obras em formatos e cortes pré-moldados, evitando resíduos, desgaste de materiais e uso de água. O fácil deslocamento das placas de isopor também acaba garantindo maior produtividade subtraindo do tempo total da construção.

Para esse tipo de construção não é necessário muito profissional, mas a qualificação é essencial, pois a aplicação e instalações elétricas e hidráulicas requer a maior atenção na etapa da construção. O EPS precisa ser furado para as aplicações dos condutes e demais redes.

Com relação a vedação o sistema de placas monolíticas apresenta maior custo benefício no valor geral da obra desde sua fabricação até o acabamento final. Dentre eles os mais relevantes entram em classificação de comportamento, peso e tempo de obra. Por se tratar de uma construção modular. Ao ser analisado individualmente as placas monolíticas pré-fabricadas se tornam aparentemente menos viáveis tradando-se de valores. Mas o uso do EPS no custo final da obra chega a reduzir seu valor em até 40% comparado ao método tradicional e o tempo de construção diminui gerando menos transtornos, gastos e desperdícios de materiais.

Um ponto negativo observado na pesquisa de Bertoldi (2007) se dá na liberação de gases tóxicos como o CO₂ (gás carbônico) que pode afetar a evacuação em casos de real incêndio e degradação do isopor. O gás toxicológico resultante da combustão do EPS é o monóxido de carbono,

produzido pela queima com pouco oxigênio, caso presente nos painéis monolíticos. Grandes temperaturas provocam efeitos desfavoráveis resultante da liberação desses gases, mas a quantidade de energia por unidade de massa liberada na oxidação desse material no quadro de energia total em casos de incêndio em massa, é baixa.

Contudo, os dados citados pela organização internacional Global Footprint Network (2019) e os relatórios da UNEP, apontam a construção civil em seu método tradicional (Alvenaria) como um responsável impactante negativo na emissão de gás Carbônico em prédios. Fazendo com que o painel monolítico seja uma opção mais viável para dedução desse dado. Tendo em vista que a quantidade de energia, água e tempo de obra são consideravelmente menores em relação a convencional.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O papel de profissionais da área da engenharia civil, é a busca constante por inovação e tecnologias não poluentes, mediante a juramento de preservação ambiental e conscientização gradativa e social refutada qualquer ato de violação agindo em detrimento ao local de habitação humano, contribuindo para o desenvolvimento socialmente justo do Brasil.

Este trabalho teve por objetivo principal o uso de placas de painéis monolíticos de poliestireno expandido como técnica construtiva sustentável, para contrapor o método atual de alvenaria estrutural utilizado na engenharia civil. Baseando-se em análises bibliográficas de estudos específicos do uso do EPS e construções sustentáveis. Outro ponto analisado foi o uso de matéria prima não poluente, evitando o desgaste e escassez de materiais não renováveis e prejudiciais ao meio ambiente.

Conclui-se que, com o objetivo principal de construção sustentável a aplicação de painéis monolíticos é viável. Não contaminam o solo, ar ou água, não são atacados por bactérias ou fungos, a moldagem do EPS consome pouca energia e não gera resíduo. Possui maior produtividade no canteiro de obra mediante a praticidade de locomoção dos painéis, diminuindo significativamente os resíduos sólidos pois o EPS corresponde apenas a 0,1% do lixo, conseqüentemente reduzindo os impactos ambientais causados pela construção civil e o descarte de materiais não reciclados. Agregando fortemente ao EPS, pois se trata de um material 100% reutilizável, podendo ser completamente incorporado em um novo processo de transformação.

Também agregam valores significativos no tempo de obra, conforto mediante a capacidade termoacústica das placas, agindo positivamente na economia de energia e facilidade com diversas formas arquitetônicas. Tornando as casas de Poliestireno expandido um sistema construtivo viável para substituição do sistema construtivo em obras que visam sustentabilidade e curto prazo.

REFERÊNCIAS

ABRAPEX / PINI, Manual de utilização do EPS na Construção Civil, São Paulo: Pini, 2016.

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

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

ALVES, João Paulo de Oliveira. **Sistema Construtivo em Painéis de EPS.** 2015. 221f. Artigo (Graduação) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Católica de Brasília, Brasília

Resolução n° 307 do CONAMA (2002)
<https://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/legislacao/federal/resolucoes/2002_Res_CONAMA_307.pdf> Acesso em: 25 outubro. 2022

. GROTE, Z. V., SILVEIRA, J. L. **Processo térmico de reciclagem de poliestireno expandido (isopor): uma realidade para a redução de custos e a conservação de energia.** In: Proceedings of Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica. Uberlândia, MG, 2001.

TESSARI, J. **Utilização do Poliestileno Expandido e Potencial de Aproveitamento de seus Resíduos na Construção Civil.** Programa de

PósGraduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis, 2006.

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

ECOPAINEL. **Fotos de obra. 2020**. Garopaba, SC.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE POLIESTIRENO (ABRAPEX). **Manual de utilização EPS na Construção Civil**. São Paulo: PINI, 2006. 124p.

ALVES, João Paulo de Oliveira. Sistema construtivo em painéis de EPS. 2015.

<<https://repositorio.ucb.br/jspui/bitstream/123456789/8028/1/Jo%C3%A3oPauloDeOliveiraAlvesTCCGRADUACAO2015.pdf>> - Pesquisar (bing.com)> . Acesso 14 de set. 2022.

BERLOFA, Aline. **A viabilidade do uso do poliestireno expandido na indústria da construção civil, 2009**. 74p. (Trabalho de conclusão de curso. FATEC Zona Leste).

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**, 18-21 julho, São Paulo, 2004

BERTINI, Alexandre Araújo. **Estruturas tipo sanduíche com placas de argamassa projetada**. 2002. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos –Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

MORAES, Carolina Brandão; BRASIL, Paula de Castro. **Estudo da Viabilidade do Poliestireno Expandido (EPS) na produção de edificações com baixo impacto ambiental**. Disponível em:

[www.imed.edu.br/Uploads/Estudo%20da%20Viabilidade%20do%20Poliestireno%20Expandido%20\(EPS\).pdf](http://www.imed.edu.br/Uploads/Estudo%20da%20Viabilidade%20do%20Poliestireno%20Expandido%20(EPS).pdf). 4º Seminário Nacional de Construções Sustentáveis e 1º Fórum Desempenho das Edificações. Acesso em: 10 out. 2022.

MARIANO, A. de M.; LAURENTINO, N. G. .; KRAMER, H. dos S.; DONADELLO, M. .; OLIVEIRA, M. F. de. Resistência ao fogo de sistema de vedação vertical estrutural com núcleo de poliestireno expandido. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1–10. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/2015>. Acesso em: 8 dez. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 11752: Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e refrigeração industrial. 3 ed. Rio de Janeiro, 2016. 15 p.