



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CÂMPUS PAU DOS FERROS
BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

NAIEIDE BATISTA DE OLIVEIRA

**POLIESTIRENO EXPANDIDO: UMA ANÁLISE DA APLICAÇÃO NA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

PAU DOS FERROS-RN

2016

NAIEIDE BATISTA DE OLIVEIRA

**POLIESTIRENO EXPANDIDO: UMA ANÁLISE DA APLICAÇÃO NA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Câmpus Pau dos Ferros, para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador (a): Prof^a Adla Kellen Dionisio Sousa de Oliveira – UFERSA.

PAU DOS FERROS-RN

2016

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

O48p Oliveira, Naieide Batista de.
POLIESTIRENO EXPANDIDO: UMA ANÁLISE DA APLICAÇÃO
NA CONSTRUÇÃO CIVIL / Naieide Batista de Oliveira. -
2016.
60 f. : il.

Orientadora: Adla Kellen Dionisio Sousa de
Oliveira .
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2016.

1. Utilização do poliestireno expandido na
construção civil. . 2. Potencial de reaproveitamento
do material. . 3. Isolamento térmico e acústico. .
I. Oliveira , Adla Kellen Dionisio Sousa de
, orient. II. Título.

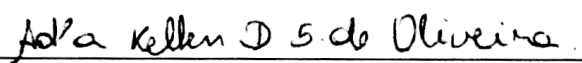
NAIEIDE BATISTA DE OLIVEIRA

**POLIESTIRENO EXPANDIDO: UMA ANÁLISE DA APLICAÇÃO NA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA,
Câmpus Pau dos Ferros, para obtenção do
título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

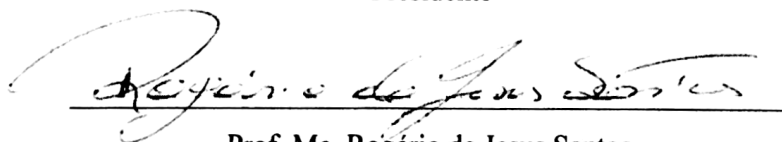
APROVADA EM: 23 / 05 / 2016

BANCA EXAMINADORA



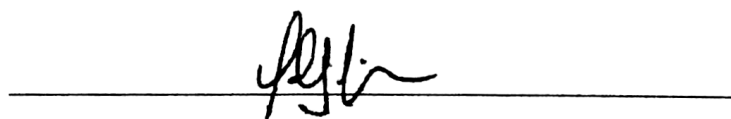
Prof.^a Ma. Adla Kellen Dionisio Sousa de Oliveira

Presidente



Prof. Me. Rogério de Jesus Santos

Primeiro Membro



Prof. Me. Leonardo Henrique Borges de Oliveira

Segundo Membro

Ao meu pai **Nivaldo Vicente de Oliveira**,
homem simples, humilde e batalhador, no qual
posso me orgulhar de ter herdado a força de
vontade que contribuiu para que eu nunca
desistisse dos meus sonhos. À minha mãe,
Maria Claudeneide Batista, que foi mãe e
pai em diversos momentos e me ensinou a
encarar a vida de uma maneira alegre, seja nos
momentos fáceis ou difíceis.

AGRADECIMENTOS

Agradeço acima de tudo a Deus, por ter me dado o dom da vida. Por ter me mantido com uma boa saúde ao longo do curso, e pela sabedoria que me presenteou para que mesmo diante das dificuldades ao longo do curso, eu me mantivesse forte.

Aos meus pais Maria Claudeneide Batista e Nivaldo Vicente de Oliveira, por terem me transmitido os conhecimentos básicos de uma educação, que me fizeram ser quem hoje eu sou. Por todo o carinho familiar, pela paciência nas horas de ensinamentos, e por terem sido duros comigo na hora de me mostrar o que era certo e o que era errado.

Ao meu irmão Alison Fábio Batista, que foi pai e mãe na ausência dos mesmos. Que cuidou de mim quando criança, como hoje cuida de seus filhos. Que diariamente tirava um pouco de seu tempo pra me conduzir a escola e me ajudar carinhosamente como irmão mais velho nas atividades escolares. Quem eu sou hoje, é graças ao prazer que você me proporcionou nessas horas alegres.

Ao meu namorado Thalison Sousa, pela paciência e compreensão nas horas em que estive ausente na execução dessa pesquisa. Mas que mesmo assim, contribuía com apoio.

À minha orientadora Adla Kellen, pela dedicação, paciência e colaboração nessa pesquisa. Por ter sido uma peça ímpar nesse momento de conclusão do curso. E por ter mostrado tanta responsabilidade no qual mostra o porquê da mesma fazer jus ao título de minha orientadora.

Aos professores que tive ao longo da vida acadêmica, cada um contribuiu para a evolução dos meus conhecimentos dia a dia.

Aos amigos verdadeiros que o curso pôde me proporcionar. A convivência, parceria, sinceridade dos mais próximos e apoio, me tornaram mais próximos dos queridos Gabriel Silva, Éden Malveira e Manoel Mariano. E as queridas Fabiola Maia, Luzia Luana e Carol Carvalho.

À minha melhor amiga Iáscara Sousa, que sempre esteve do meu lado, me dando força e me apoiando em todas as minhas decisões. À Renata Dantas, minha grande amiga e companheira de estudos, no qual iniciou essa pesquisa junto a mim como trabalho para uma das disciplinas. E a Rebeca Araújo pelos momentos de alegria e diversão ao longo dos anos de curso. A amizade de cada uma das três me fez um bem enorme ao longo desses anos.

“Há uma força motriz mais poderosa que o vapor, a eletricidade e a energia atômica: a vontade.”

— Albert Einstein

RESUMO

A poluição e escassez dos materiais fizeram com que um novo modelo fosse criado: o modelo sustentável. Com ele, técnicas de prevenções do meio ambiente, ligadas a economia em busca de benefícios para a sociedade, surgiram, e atingiram todos os ramos, como por exemplo, o campo da Engenharia Civil. Assim, apareceram as construções sustentáveis, através das quais é difundido o uso de materiais recicláveis. Nelas, o poliestireno expandido (EPS), material conhecido popularmente como Isopor®, devido sua baixa densidade, alta capacidade de isolamento térmico e acústico, fácil transporte e moldagem, e baixo custo, passou a ser visto como um material com vantagens para ser aplicado na construção civil. A presente pesquisa é uma revisão da literatura. Foram realizadas pesquisas em fontes como referências bibliográficas, teses, publicações científicas e artigos que estivessem relacionados ao uso do Poliestireno Expandido (EPS) na construção civil. A partir da pesquisa, verificou-se que o EPS tem diversas aplicações na Engenharia Civil, tais como: painéis monolíticos, como elemento em lajes, pisos, concreto leve, entre outros. Constatou-se que o EPS contribui para a redução de gastos energéticos, devido a sua alta capacidade de isolamento térmico, além disso, é um material leve, contribui significativamente para redução de tempo realização de uma obra. Portanto, a partir deste trabalho percebeu-se a eficácia da aplicação do EPS na construção civil, diante da economia e versatilidade do material.

Palavras-Chave: construção civil, poliestireno expandido, aplicação.

ABSTRACT

The Pollution and shortage of materials meant that a new model was created: the sustainable model. With it, environmental prevention techniques, linked to the economy in pursuit of benefits for society, emerged and reached all branches, such as the field of Civil Engineering. This appeared the sustainable construction through which is spread the use of recyclable materials. In them, the expanded polystyrene (EPS) material known popularly as Isopor®, due to its low density, high capacity for thermal and acoustic insulation, easy transport and molding, and low cost, has to be seen as a material with advantages to be applied in construction. The study is a literature review surveys were conducted in sources as references, theses, scientific publications and articles that were related to the use of Expanded Polystyrene (EPS) in construction. From the research, it was found that the EPS has many applications in civil engineering, such as monolithic panels as element slabs, floors, lightweight concrete, among others. It was found that the EPS contributes to the reduction of energy expenses, due to its high thermal insulation capacity, furthermore, it is a lightweight material contributes significantly to reduction of time of a work. Therefore, from this work realized the effectiveness of EPS application in construction, on the economy and versatility of the material.

Keywords: construction, expanded polystyrene application.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1: Esquema de divisão dos tipos de plásticos.....	16
Figura 3.2: Processo de transformação do poliestireno expandido.	20
Figura 3.3: Pérola de Poliestireno e pérola de Poliestireno Expandido.	22
Figura 3.4: Variação da resistência à compressão em relação a sua deformação	25
Figura 3.5: Resistência à compressão com deformação em função da densidade	25
Figura 3.6: Fluxo do mercado de reciclagem de plásticos	26
Figura 3.7: Evolução da Reciclagem do EPS no Brasil	29
Figura 4.1: Painéis monolíticos de EPS do tipo duplo.....	33
Figura 4.2: Painéis monolíticos de EPS do tipo retangular.....	33
Figura 4.3: Painéis monolíticos de EPS do tipo ondulado.	33
Figura 4.4: Processo de execução de paredes com placas de EPS	34
Figura 4.5: Processo de enchimento de laje.	36
Figura 4.6: Isolamento térmico de telhados de fibrocimento e estrutura metálica.	37
Figura 4.7: Isolamento térmico de telhados de fibrocimento e estrutura de madeira.	37
Figura 4.8: Isolamento com telhas cerâmicas (sem forro).	38
Figura 4.9: Isolamento do tipo cobertura com forro liso.	38
Figura 4.10: Processo de revestimento das placas de EPS.....	39
Figura 4.11: Processo de aplicação de placas de EPS em paredes.	40
Figura 4.12: Isolamento térmico interno de edificações já projetadas.....	41
Figura 4.13: Processo de aplicação do EPS em piso flutuante.....	42
Figura 4.14: Isoamortecedor posicionado no centro da placa de EPS.....	43
Figura 4.15: Isoamortecedor revestido com placas de EPS.	44
Figura 4.16: Esquema do piso amortecedor.	44
Figura 4.17: Isolamento térmico de câmaras frigoríficas.....	45
Figura 4.18: Blocos de EPS montados e concretados.....	46
Figura 4.19: Pérolas de EPS	47
Figura 4.20: Eps em formato de “flocos” após processo de trituração.....	48
Figura 4.21: Processo preparativo do concreto leve em betoneira.	48
Figura 4.22: Contra piso com aplicação de concreto leve feito com resíduos de EPS.	50
Figura 4.23: Moldura de EPS.	51
Figura 4.24: Formatos e aplicações de molduras de EPS.	51
Figura 4.25: Aplicação do EPS em pavimentação.....	52
Figura 4.26: Poliestireno expandido aplicado como junta de dilatação.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1: Características exigíveis para o poliestireno expandido.	21
Tabela 3.2: Índice de reciclagem dos tipos de plásticos no Brasil (vida-curta).	27
Tabela 3.3: Percentuais dos tipos de aplicação do EPS no Brasil.	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CAN	Consumo Aparente Nacional
DIN	Deutsche Industrie Norm
EPS	Poliestireno Expandido
ISO	International Organization For Standardization
ONU	Organização das Nações Unidas
PS	Poliestireno

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVOS	13
1.1.1 Objetivos Específicos.....	13
1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO	13
2. METODOLOGIA	14
3. REVISÃO DA LITERATURA: ASPECTOS GERAIS.....	15
3.1 DEFINIÇÃO DE POLÍMEROS	15
3.2 ASPECTOS GERAIS DO POLIESTIRENO	16
3.3 DEFINIÇÃO DE EPS.....	17
3.4 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO EPS.....	18
3.5 CARACTERÍSTICAS	21
3.6 HISTÓRICO	18
3.7 VANTAGENS DO USO DO EPS	22
3.8 DESVANTAGEM DO USO DO EPS	24
3.9 PROPRIEDADES MECÂNICAS DO EPS.....	24
3.10 RECICLAGEM DO EPS NO BRASIL	26
3.11 O POLIESTIRENO EXPANDIDO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	30
4. APLICAÇÃO DO EPS NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	32
4.1 PAINÉIS MONOLÍTICOS DE EPS	32
4.2 LAJES	35
4.3 TELHADOS.....	36
4.4 PLACAS DE EPS.....	39
4.5 PISOS.....	41
4.5.1 Piso Flutuante.....	41
4.5.2 Piso Amortecedor	42
4.6 ISOLAMENTO TÉRMICO EM CÂMARAS FRIAS E FRIGORÍFICAS.....	44
4.7 BLOCOS VAZADOS DE EPS.....	46
4.8 CONCRETO LEVE	47
4.9 MOLDURAS	50
4.10 ESTRADAS.....	51
4.11 JUNTAS DE DILATAÇÃO	53
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
6. REFERÊNCIAS	55

1. INTRODUÇÃO

A consequência do consumo exagerado de matéria-prima causa ampla destruição ambiental, afeta a economia e compromete as gerações futuras, resultou na criação de um novo modelo de sobrevivência: o desenvolvimento sustentável.

O Relatório Brundtland afirma que, a sustentabilidade tem como principal finalidade utilizar os recursos naturais, satisfazendo as necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias demandas. (ONU, 1987, p.3) E que, apesar de ser um conceito complexo, deve atender um conjunto de variáveis independentes, capaz de integrar as questões sociais, econômicas, energéticas e ambientais.

Mesmo com o surgimento do desenvolvimento sustentável, atividades ligadas à destinação final dos resíduos sólidos ainda é uma problemática. Sendo a indústria de construção civil um dos setores que mais consome recursos naturais e energia.

Com a questão do desenvolvimento sustentável, a indústria da construção civil, busca utilizar métodos construtivos com aplicação de resíduos que apresentem bom desempenho. Aumentando dia após dia a busca pela aplicação de materiais recicláveis, que necessitem de um menor consumo de energia, associado a necessidades de edificações mais leves e que atendam a um desempenho mínimo.

É importante esclarecer as vantagens financeiras na adoção das construções mais sustentáveis. Segundo Katz (2010), constatou-se em uma pesquisa, que os custos iniciais adicionais de uma obra sustentável certificada são 1,5% menores (baseado numa amostra de 170 edifícios de uma pesquisa), se comparada a empreendimentos construídos de modo convencional. Em curto prazo aparenta ser um custo pequeno, porém, segundo ele, a viabilidade econômica neste tipo de construção sustentável se considerando um ciclo de 20 anos, traz benefícios econômicos que superam em mais de dez vezes os custos adicionais das obras convencionais.

No que diz respeito ao consumo exagerado de energia, pesquisas mostram que o consumo de energia elétrica em segmentos residenciais, comerciais e serviços em 2014, foram responsáveis por 54,5% do consumo de energia elétrica no Brasil. Apresentando um aumento do consumo de 2,45 % em relação ao ano de 2013 (BRASIL, 2015, ano base 2014).

Quanto ao consumo de energia em edificações, dados estatísticos apontam que chegam a aproximadamente 37% da energia total global na forma de energia incorporada durante as fases de construção e operação (DIXIT ET AL, 2010).

A Casa Consciente (2015) afirma que nos edifícios públicos, 72% da energia consumida são devido à iluminação e ar condicionado; já nos edifícios comerciais, 70% da energia consumida é devido somente à iluminação.

Nesse contexto, o poliestireno expandido (EPS), vem sendo cada vez mais empregado na construção civil. A indústria da construção civil é uma área que apresenta uma ampla capacidade de reaproveitamento e absorção do EPS. Assim, esse setor pode contribuir para a redução dos materiais descartados de EPS, provenientes de embalagens de objetos e demais utilizações, que são despejados na natureza. Porém, devido à falta de informação e investimento em pesquisas, as práticas ficam restritas.

Conforme Kaya e Kar (2015), o EPS é um material de isolamento térmico e acústico, que possui uma ampla variedade de utilização industrial nos diversos campos do mundo, desde a utilização em embalagens, até a aplicação no ramo da construção civil. Quando o material é descartado em meio natural, seu desaparecimento torna-se dificultoso, principalmente pelo material não ser biodegradável. Diante desse fator, os autores afirmam que a reciclagem do EPS é necessária tanto para a economia como para a redução da poluição ambiental.

O EPS por ser caracterizado como um ótimo isolante térmico e um bom isolante acústico, se torna um material que pode atender perfeitamente quesitos que proporcionem alto desempenho em edificações. Principalmente no que condiz a redução de gastos com energia elétrica e diminuição de ruídos.

Sua empregabilidade diminui a potência de condicionadores de ar que atuam como refrigeradores do local, proporcionando maiores condições de conforto. Além de diminuir o desconforto da transmissão de barulho através das paredes, lajes e pisos do prédio consolidado. Diante de tantos benefícios, o Poliestireno Expandido (EPS) cada vez vem sendo mais utilizado como material empregado na área da construção civil.

Assim, buscando ampliar o conhecimento e dessa forma contribuir para a diminuição do descarte e reaproveitamento do EPS nas edificações, esta pesquisa apresenta os vários empregos do EPS na indústria da construção civil e o seu potencial de aproveitamento.

1.1 OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo principal analisar os diferentes usos do EPS na construção civil, através da revisão literária, mostrando os benefícios em busca da diminuição de gastos, como energia e a preservação do meio ambiente.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Abordar os principais métodos de aplicação do EPS na construção civil.
- Apresentar as vantagens e desvantagens do material.
- Levantar os potenciais de aproveitamento do EPS e suas formas de benefício.
- Mencionar os principais fatores de poluição do EPS no meio ambiente.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

No capítulo 2 são apresentados todos os objetos e a metodologia utilizada no presente estudo.

No capítulo 3 apresentam-se quais os tipos de Poliestireno, qual a sua relação com o Poliestireno Expandido. Nesse capítulo é apresentado ainda o processo de fabricação do EPS, suas vantagens, desvantagens, benefícios e processos de reciclagem para a sustentabilidade.

No capítulo 4 é apresentada a diversas aplicação do EPS na construção civil.

2. METODOLOGIA

A presente pesquisa é uma revisão da literatura que busca um levantamento do tema, utilizando métodos de consulta, coletas e identificação de fontes e dados. No qual foi realizada através do método qualitativo e quantitativo.

Minayo (2010) descreve o método qualitativo como sendo um tipo de método que procura “desvelar” processos que pertencem a grupos particulares, sendo seu objetivo e indicação final, proporcionar a construção e/ou revisão de novas abordagens, conceitos e categorias referentes ao fenômeno estudado.

Já quando se trata do método de análise quantitativa, Silva e Menezes¹(2001) apud Rodrigues et al. (2011) definem que este tipo de pesquisa considera que tudo pode ser quantificável, ou seja, consegue-se explicar em números, opiniões e informações, para classificá-las e analisá-las. Para tal faz-se necessário o uso de recursos e técnicas estatísticas.

Para a concretização da presente pesquisa, também se utilizou técnicas qualitativas identificadas através de fontes de pesquisas nacionais e internacionais que forneceram dados de coleta, consulta e identificação de fontes como referências bibliográficas, teses, publicações científicas e artigos que estivessem relacionados ao uso do EPS – Poliestireno Expandido, na construção civil.

Posteriormente, com base nas pesquisas, foram avaliados os tipos de aplicações e o potencial de utilização do produto na área da construção civil. Sempre ressaltando as propriedades do material, a sua aceitação no mercado e a influência da construção civil para a redução do volume de resíduos de EPS.

¹SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005. 138 p. Disponível em: <www.posarq.ufsc.br/download/metPesq.pdf>. Acesso em: 04 jun. 2011.

3. REVISÃO DA LITERATURA: ASPECTOS GERAIS

3.1 DEFINIÇÃO DE POLÍMEROS

O poliestireno expandido – EPS é um polímero. Esses materiais são popularmente conhecidos como plástico e cientificamente como polímeros, nome este derivado do grego, onde poly (muitos) e meros (partes).

Sobre sua utilização, Callister (2002 p. 331), afirma que desde o fim da Segunda Guerra Mundial os polímeros sintéticos revolucionaram o campo dos materiais, devido a sua produção barata e a viabilidade de substituição de outros materiais, como madeira, metal e cerâmicas.

De acordo com Callister (2002), os polímeros são formados por moléculas consideravelmente grandes, se comparadas com suas cadeias de átomos de carbono, hidrogênio e outros elementos não metálicos. Por conta do seu formato recebem o nome de macromoléculas, mas considera-se que essa estrutura pode ser composta por meros, caracterizados em entidades de estrutura menor que podem ser repetidas ao longo da cadeia. Essa combinação dos meros é denominada de polimerização, sendo realizada através de processos de reações químicas.

Por sua vez, o mero é obtido a partir do petróleo ou gás natural, pois é a rota mais econômica. Podendo ser obtido também a partir da madeira, álcool, carvão e até do CO₂, pelo fato de que todas essas matérias primas são ricas em carbono, o principal elemento que constitui os materiais poliméricos. Todas essas rotas, contudo, aumentam o preço do monômero obtido, tornando-o não competitivo. (GORNI, 2003)

Buscando apresentar uma definição formal de polímeros, o autor diz que: são materiais, cujo elemento essencial é constituído por ligações moleculares orgânicas, que resultam de síntese artificial ou transformação de produtos naturais. (GORNI, 2003)

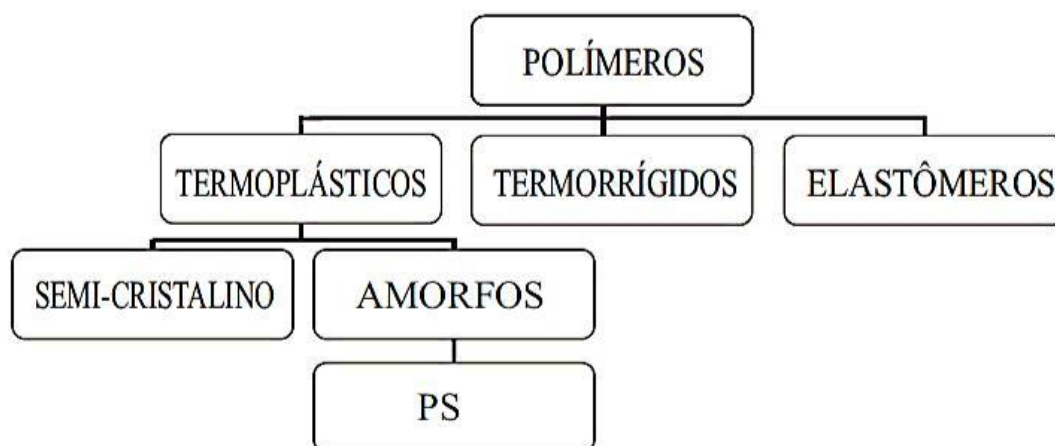
Callister (2002) aborda o fato de que os polímeros não possuem uma característica física fixa, o que os possibilitam um leque composto por diferentes tipos, onde sua classificação depende do seu peso molecular, da sua fórmula e das diferentes estruturas nas cadeias moleculares.

Dentre as propriedades físicas dos polímeros as principais são: leveza, baixa condutividade elétrica e térmica, resistência à corrosão, baixa densidade e viabilidade para a reciclagem.

Há diversas maneiras de se classificar os polímeros. De uma maneira geral, Canevarolo (2002) afirma que os polímeros podem ser divididos em termoplásticos (EPS), termorrígidos (resinas epóxis), elastômeros (borrachas).

A classificação dos polímeros é apresentada na Figura 3.1, na qual observa-se que o PS – Poliestireno é um polímero do tipo termoplástico amorfo.

Figura 3.1: Esquema de divisão dos tipos de plásticos.



Fonte: Autora, 2016.

3.2 ASPECTOS GERAIS DO POLIESTIRENO

O Poliestireno é um polímero que pertence ao grupo das resinas termoplásticas. E que por meio de suas propriedades especiais, nos possibilita uma vasta quantidade de aplicações, podendo ser comercializada em três tipos de produtos, que segundo Montenegro e Serfaty (2002) são:

- Cristal ou Standard: é caracterizado por três qualidades principais: é transparente, de fácil coloração (podendo ser adicionado agentes de corante) e apresenta um alto brilho. Pode ser nomeadas de poliestireno normal e/ou de estireno homopolímero. Dentre suas aplicações principais estão embalagens para empresas de produtos alimentícios, descartáveis, e caixas para CDs.
- Poliestireno Expandido (EPS): é uma espuma rígida obtida por meio da expansão do PS com a adição de um agente químico que começa a atuar durante a fase de reação da polimerização. Sendo os hidrocarbonetos criogênicos os agentes de expansão mais utilizados (Ex.: gás carbônico). Suas principais aplicações são em isolamento térmico e na proteção de impactos.

- Poliestireno de Alto Impacto (HIPS): É o tipo de poliestireno modificado com elastômeros de polibutadieno. Esse tipo de resina é obtido através da polimerização de uma solução de estireno-butadieno. Formando assim, um sistema de duas fases devido à imiscibilidade de poliestireno e do polibutadieno, e por conta disso o poliestireno forma a fase contínua e o polibutadieno, a fase dispersa.

3.3 EPS

De acordo com a norma DIN ISO- 1043:1978² apud Abrapex (2006), o EPS é definido com sendo a sigla internacional do Poliestireno Expandido. Sua espuma rígida é comprovada como sendo um material isolante, formada a partir da derivação do petróleo pela polimerização da água com o principal derivado: o estireno.

No processo de expansão, inicialmente temos o poliestireno, que segundo a Abrapex (2006), é um plástico celular rígido que se apresenta em formato de pérolas de até três milímetros de diâmetro. Quando o poliestireno é destinado à expansão para tornar-se o EPS, pode chegar até 50 vezes maior do que o seu tamanho inicial, fundindo-se a outras pérolas expandidas por meio de vapores, e moldando-se em diversas formas.

Sobre sua descoberta e popularidade a Associação Brasileira de Poliestireno Expandido – Abrapex destaca:

O Material foi descoberto em 1949 pelos químicos Fritz Stastny e Karl Buchholz, quando trabalhavam nos laboratórios da Basf, na Alemanha. No Brasil, é mais conhecido como “isopor®”, marca registrada da Knauf que designa, comercialmente, os produtos de poliestireno expandido vendidos por esta empresa. (ABRAPEX, 2006 p. 3).

O EPS participa do grupo dos Termoplásticos, e por conta disso, permanece em estado sólido quando apresentado em temperatura ambiente. Entretanto, se submetido à temperatura superior a 100 °C, o mesmo entra em estado de aquecimento levando a seu derretimento, podendo ser moldado novamente quando resfriado. Esse procedimento explica bem a realização da moldagem do material, que o permite ser adaptado a moldes de altos detalhes.

² INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. DIN ISO 1043-1:1978.

3.4 HISTÓRICO

Segundo publicações do BNDES, (Montenegro; Serfaty, 2002), a primeira indústria a manusear o poliestireno comercialmente foi a IG Farbenindustrie em 1930, na Alemanha. Em 1938, nos Estados Unidos, foi produzido em escala comercial pela primeira vez, por Dow Chemical Company. Porém, foi somente a partir dos anos 1990, que o EPS começou a ganhar espaço na construção civil.

Atualmente é mais conhecido como Isopor®, marca registrada pela empresa Knauf, sendo um plástico 100% reciclável, e com diversas aplicações voltadas para a construção, embalagens e outros segmentos. (EPS BRASIL, 2014)

O consumo mundial de EPS de quase um milhão e duzentos mil toneladas por ano, prevendo-se que 40% desse volume seja consumido na Europa.

Já os Portugueses, chegam a consumir cerca de 1% da quantidade de consumo europeu. Onde 60% são destinados à utilização na área da construção civil. Apesar da maior parte das aplicações do EPS serem em edificações, segundo Sant’Helena (2009), o EPS pode ser empregado na fabricação de embalagens.

Quanto ao Brasil, o jornal The São Paulo Times (2014), afirma que só no ano de 2012, estima-se que cerca de 39.340 toneladas do material tenham sido consumidas.

Segundo a Abrapex (2006), resultados comprovam que há décadas, países industrializados da Europa à América do Norte e do Oriente à Oceania, possuíam resultados significativos relacionados às vantagens do uso do EPS na construção civil.

Quando as taxas de consumo e produção de EPS, a EPS Brasil (2014) afirma que de 1999 até 2012, o CAN³ – Consumo Aparente Nacional cresceu cerca de 113,5%, cerca de 6,0% ao ano, e sua produção subiu a uma velocidade de 6,8% ao ano.

3.5 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO EPS

Até se obter o material resultante, a matéria prima que é conduzida desde o poço de petróleo até se transformar no Poliestireno Expandido, sofre um processo de transformação

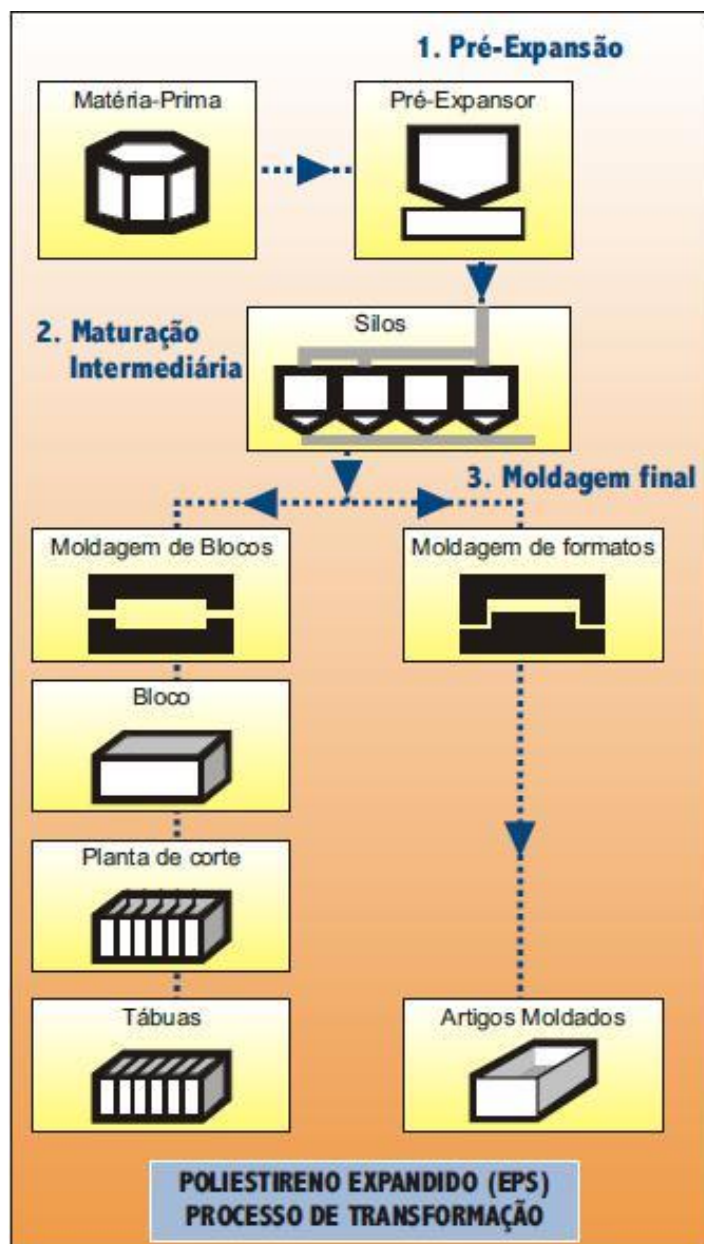
³ Taxa relacionada com os números do consumo aparente de resinas termoplásticas no Brasil. Para cada ano é apresentado o percentual de variação em relação ao ano anterior. A cada trimestre, o Siresp apresenta os números do período. O conceito de consumo aparente é caracterizado por "produção nacional + importações - exportações" (SIRESP, 2005)

física, mas que não altera as suas propriedades químicas. Segundo a Termoepeps (2008), essa transformação é processada em três etapas (Figura 3.2)

1. Pré-expansão: é primeira fase do processo onde a matéria-prima é pré- aquecida em máquinas especiais chamadas de pré-expansores. Nelas ocorre o aquecimento do material com vapor a temperaturas que variam de 80°C e 100°C. A densidade do material cai de 630Kg/m a valores entre 10 e 35 kg/m . É nessa fase que o agente expansor incha o poliestireno para um volume 50 vezes maior que o original. É nesse processo que as pérolas compactadas de matéria-prima se transformam em pérolas celulares de plástico, com pequenas células fechadas que mantêm o ar.
2. Maturação Intermediária e Estabilização: Ao esfriar, as partículas recém- expandidas formam vácuo em seus interiores- isto deve ser compensado por difusão no ar. É assim que as pérolas obtêm maior elasticidade mecânica e melhora a capacidade de expansão, fato muito útil na próxima etapa de transformação. Este processo toma lugar durante a maturação intermediária do material, em silos aerados. Nesse procedimento as pérolas expandidas também passam por processo de secagem.
3. Expansão e Moldagem Final: Durante este estágio, as pérolas estabilizadas e pré-expandidas são levadas aos moldes, onde são novamente sujeitas ao vapor para que fiquem aderidas umas às outras. Desta forma, são obtidos grandes blocos — que depois são cortados nos formatos desejados, como tábuas, painéis, cilindros etc. — ou produtos em seu formato final.

Vale ressaltar, a existência de um leque de tipos de poliestireno expandido, com diferentes densidades dependentes do tipo de matéria-prima e do ajuste do processo de transformação. Nesse caso, se torna fundamental o conhecimento de todos os tipos e sua finalidade, para que assim, suas características finais se adaptem às aplicações planejadas.

Figura 3.2: Processo de transformação do poliestireno expandido.



Fonte: O EPS e o Meio Ambiente - TERMOEPS, 2008.

A NBR 11752:2007, apresenta dois tipos de poliestireno expandido, representadas na Tabela 3.1. A referida norma divide o EPS em não retardante à chama (classe P) e retardante à chama (classe F). Os grupos se dividem em três subgrupos, no qual são diferenciados pelas propriedades presentes no material. Como por exemplo: massa específica, resistência a compressão, entre outras. As características do material destina cada tipo do material para uma devida atividade no qual sua aplicação é necessária.

Tabela 3.1: Características exigíveis para o poliestireno expandido.

Propriedades	Método de Ensaio	Unidade	Classe P			Classe F		
Tipo de material		-	I	II	III	I	II	III
Massa específica aparente	NBR 11949	kg/m ³	13-16	16-20	20-25	13-16	16-20	20-25
Resistência à compressão com 10% de deformação	NBR 8082	kPa	≥60	≥70	≥100	≥60	≥70	≥100
Resistência à flexão	ASTMC – 203	kPa	≥150	≥190	≥240	≥150	≥190	≥240
Absorção de água	NBR 7973	g/cm ² x 100	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Permeabilização ao vapor d'água	NBR 8081	ng/Pa.s.m	-7	-5	-5	-7	-5	-5
Coefficiente de condutividade térmica a 23 °C	NBR 12094	W/(m.k)	0,042	0,039	0,037	0,042	0,039	0,037
Flamabilidade	NBR 11948		Material não retardante à chama			Material retardante à chama		

Fonte: ABNT NBR 11752/2007.

3.6 CARACTERÍSTICAS

O material resultante das três etapas em que a matéria- prima é processada para a transformação física do poliestireno, resulta em pérolas que apresentam, segundo a literatura, um volume composto 98% de ar e 2% de poliestireno. A transformação final, do poliestireno, em poliestireno expandido, é perfeitamente ilustrada na Figura 3.3.

Em apenas 1 metro cúbico (m³) de EPS expandido, estima-se que existam de 3 a 6 bilhões de células fechadas e cheias de ar. 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. (ABRAPEX, 2006)

Todos esses fatores garantem que tais propriedades físicas presentes no produto resultam na sua eficiência máxima em isolamento térmico e acústico e na leveza apresentada pelo material.

Figura 3.3: Pérola de Poliestireno e pérola de Poliestireno Expandido.



Fonte: Plastimar, 2011.

3.7 VANTAGENS DO USO DO EPS

Segundo Kats (2010), incluir os métodos de construções sustentáveis na sociedade tem suas vantagens. Os usuários podem desfrutar de melhor qualidade do ar, da iluminação, da ventilação, do conforto olfativo, térmico e acústico e da melhor toxicidade dos materiais utilizados.

Kats (2010), também afirma que o governo reduz gastos com infraestrutura para água, energia, saúde, além de locais para disposição de resíduos e redução de emissões de gases de efeito estufa e poluentes. Ressaltando que, empresas que optam por trabalhar com esse tipo de imóvel, obtêm maior produtividade de seus funcionários.

Esse modelo de construção deve satisfazer os princípios da sustentabilidade, atendendo a melhoria da qualidade de vida, produzindo mais com menos desperdício. Corrêa (2009) diz que quando realizado um método construtivo adequado à edificação, onde se leve em conta questões sustentáveis, ocorre à redução de resíduos, a produção com menos desperdício, a otimização e reciclagem de materiais, e a maximização da ventilação natural e da iluminação. Portanto, é na indústria da construção civil que vemos uma saída para a redução de resíduos.

Diante desses conceitos, é que o Poliestireno Expandido, conhecido popularmente como isopor, vem sendo utilizado e reutilizado cada vez como matéria prima em indústrias da construção civil. Tudo isso, devido a sua facilidade no quesito isolamento térmico, seu bom isolamento em acústica, baixa densidade, e a economia em gastos anuais de energia elétrica

com aquecedores ou ar condicionados. Tudo isso, aliado a redução da problematização no que tange a emissão das toneladas de resíduos de EPS, minimizando os impactos ambientais.

Destaca-se a seguir as principais vantagens do EPS segundo a Plastimar (2011).

- a) leveza: a densidade do material varia de 10-30 kg/m³, o que representa uma redução significativa no peso das construções quando substituído materiais com altas densidades pelo isopor.
- b) resistência mecânica: tem uma alta resistência que possibilita o seu emprego onde for necessário. Além disso, é insensível a umidade e por conta disso possui uma baixa absorção de água, logo, suas propriedades mecânicas e térmicas são mantidas sobre presença de humidade.
- c) fácil manuseio e aplicação: a leveza do EPS permite o fácil manuseamento do material dentro da obra, assim o esforço gasto em operações, movimentações, manutenções e aplicações são visivelmente reduzidos. Por ser um material que trabalha com equipamentos de fácil acesso, o EPS também garante uma adaptação perfeita.
- d) quimicamente resistente: O EPS é reage bem quando em contato com cimento, gesso, cal, água, entre outros, tais materiais que são comumente utilizados na indústria da construção civil.
- e) versatilidade: pode ser ajustado a todas as necessidades específicas da construção, devido as múltiplas formas e tamanho que podem se apresentar.
- f) resistência ao envelhecimento: por ser um material que não é solúvel em água, não apodrece, não libera substâncias para o ambiente, nem apresenta fungos em sua estrutura. O EPS se torna um material onde suas propriedades se mantem inalteradas ao longo de sua vida útil.
- g) amortecedor de impactos: a estrutura de células fechadas cheias de ar do EPS proporciona um altíssimo poder de absorção de impactos, quedas e vibrações. permitindo reduzir ao mínimo os danos a objetos durante transporte, armazenamento ou utilização.
- h) condutividade térmica: uma das mais importante vantagens que o poliestireno expandido apresenta é a resistência à troca de calor entre o ambiente interno e o ambiente externo, isso deve-se a estrutura do isopor que é formada por uma considerável quantidade de ar.

- i) higiênico e inofensivo: o EPS não constitui substrato ou alimento para o desenvolvimento de microrganismos, não absorve umidade nem liberta qualquer substância, podendo estar em contato direto com materiais orgânicos sem alterar suas características.
- j) reciclagem: o EPS é um bom exemplo para o uso eficiente dos recursos naturais pois é 100% reciclável.

Além dessas vantagens, existe a resistência à compressão, que para placa com peso que varia de 13 a 25 kg/m³, apresentam uma resistência à compressão de 1 a 2 kg/ cm² (ABRAPEX, 2006).

3.8 DESVANTAGEM DO USO DO EPS

Apesar do imenso leque de vantagens que valorizam a utilização do poliestireno expandido, o material apresenta algumas desvantagens.

Sant’Helena (2009) cita como desvantagem a ação da radiação solar, que em contato direto com o EPS altera sua estrutura química mediante o tempo de exposição do material. Podendo também ser danificado por vapores e pelo contato com solventes. Entretanto, o autor explica que esse processo de deterioração do material acontece de forma lenta, dependendo de fatores como a intensidade e o tempo exposição da radiação solar.

3.9 PROPRIEDADES MECÂNICAS DO EPS

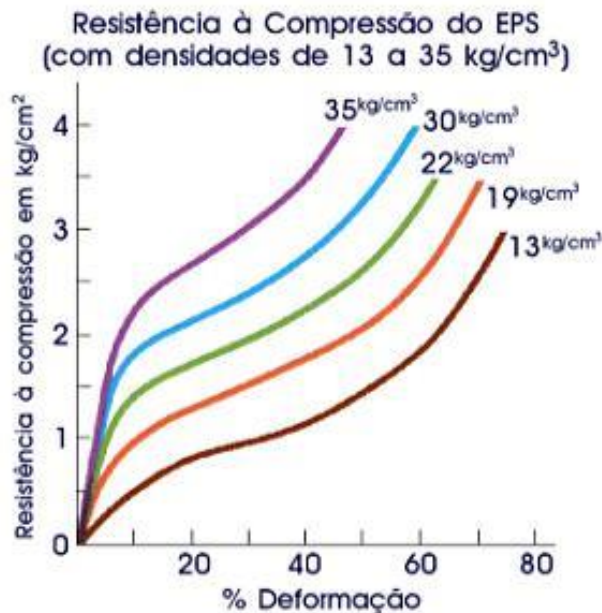
No que diz respeito às propriedades mecânicas do EPS, de acordo com a Tecnocell (2016), as mais importantes são: resistência à compressão, resistência à flexão, resistência à tração e a fluência sob compressão. Tais características são necessárias para facilitar o emprego em projetos e questões de manuseamento do material.

A Figura 3.4 apresenta a variação da resistência à compressão para o EPS de diferentes densidades, em relação à deformação. Na Figura observa-se que EPS com menor densidade se deformam mais e possuem menor resistência à compressão do que os que possuem maior densidade. Para diferentes densidades, por exemplo, para o material com densidade de 13kg/cm³ e 35kg/cm³, considerando a mesma resistência à compressão de 2kg/cm², tem-se que deformações de aproximadamente 55% e 9%, respectivamente.

Conforme a Tecnocell (2016), quando se trata de compressão o poliestireno expandido tem desempenho elástico até se deformar cerca de 2% da espessura da placa. (Figura 3.5).

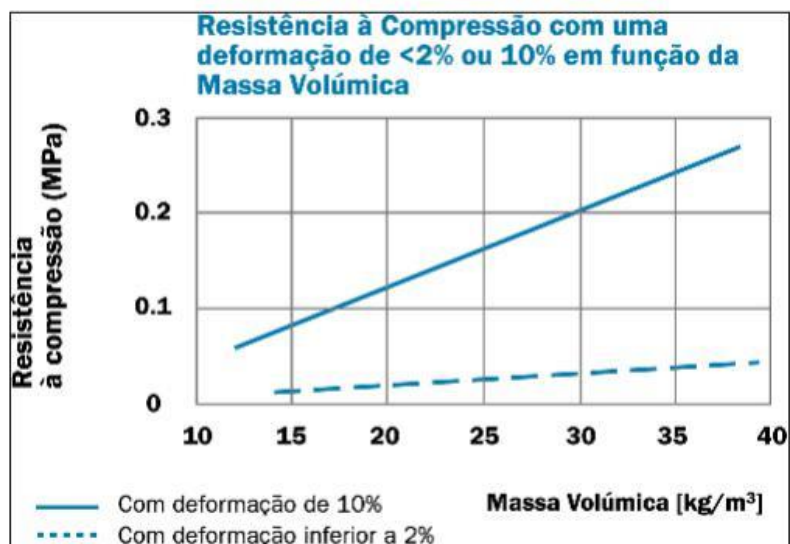
Diante disso, uma vez que a força aplicada na placa seja removida, a placa instantaneamente recupera a sua espessura original.

Figura 3.4: Variação da resistência à compressão em relação a sua deformação.



Fonte: Abrapex, 2006.

Figura 3.5: Resistência à compressão com deformação em função da densidade.



Fonte: Tecnocell, 2016.

3.10 RECICLAGEM DO EPS NO BRASIL

A Revista Galileu (2015) afirma que anualmente a população despeja cerca de 8 milhões de toneladas de plásticos no oceano. Sendo que o Brasil é responsável por aproximadamente 2,2 milhões de toneladas de todo esse material. Desse total, apenas 17,2% é reciclado no país, e isso não se diz respeito a um posicionamento estruturado do governo ou por um setor privado, mas sim pelo esforço individual de 500 mil catadores informais.

Para o processo de reciclagem dos plásticos ser efetuado, antes de tudo é necessário à separação de acordo com os tipos do material.

O processo de separação e encaminhamento para reciclagem dos plásticos é apresentado na Figura 3.6.



Fonte: Abrapex, Adaptada.

Sabe-se que grande quantidade de EPS é consumida e logo, descartada no lixo. De acordo com Kan e Demiborga (2009), o EPS tem causado grandes problemas ambientais, principalmente na água e no solo, devido o fato do material não possuir a vantagem de ser biodegradável.

Quando a sua destinação a aterros sanitários, Balbo e Tosta (2012), afirmam que o EPS em si não polui nem contamina o solo. Porém quando seu excessivo volume é muito presente em aterros, acaba impossibilitando o contato dos materiais biodegradáveis com o solo, retardando sua degradação. Além disso, os autores estimam que o material leve certa de 150 anos para se deteriorar.

Kan e Demiborga (2009) afirmam que o concreto com adição de EPS, apresenta um ótimo desempenho quando utilizados no desenvolvimento de materiais sustentáveis para a construção civil. Mesmo que, as espumas de EPS não apresentem as mesmas características do material virgem, sendo necessário um tratamento especial do material, ainda sim se torna viável a utilização do EPS reciclado como agregado na criação do concreto leve.

O Instituto Akatu (2007) afirma que quando o EPS está presente nos aterros sanitários, além do EPS pode ocupar muito espaço e saturar com mais rapidez as áreas destinadas ao lixo, exige grandes investimentos públicos para a construção de novos aterros, já que, a compactação causada pelos restos de isopor prejudica a decomposição de materiais biodegradáveis. Quando destinados a lixões, estará deixando seu rastro no ambiente por um longo período de tempo. Relatando a poluição de mares e rios, resultantes de uma destinação inadequada, e da possível queima do material, o Instituto Akatu destaca:

As pérolas de isopor são ingeridas por cetáceos e peixes ao serem confundidas com organismos marinhos, e, muitas vezes, acabam por matá-los. Se for queimado, o isopor libera gás carbônico contribuindo, portanto, para a poluição do ar e para o aquecimento global. (INSTITUTO AKATU, 2007)

A reciclagem do plástico no Brasil ainda se encontra em um processo de pequeno andamento. Os índices de reciclagem têm crescido a cada ano. Uma pesquisa da Plastivida apresenta pequenas quedas em percentuais nos anos de 2006, 2008, 2009 e 2012 nos índices de reciclagem de plásticos. Segundo essa pesquisa, o poliestireno expandido (EPS) no Brasil representa apenas 55% da sua quantidade descartada em forma de lixo que vem a ser reciclada. Como mostrado na Tabela 3.2.

Tabela 3.2: Índice de reciclagem dos tipos de plásticos no Brasil (vida-curta).

PARTICIPAÇÃO DO PLÁSTICO DE VIDA-CURTA POR RESINA- 2012	
Resina	Plástico de vida-curta ⁴
PET	92,60%
PEBD / PEBDL	70,80%
PEAD	51,30%
EPS	55,00%
PP	46,00%
PS / XPS	49,10%
PVC	9,80%
Outros ⁵	14,00%
MÉDIA	49,40%

⁴ Plástico usualmente descartado em prazo máximo de 2 anos. ⁵ Somatório de ABS, PC, POM, PA, PU E EVA.

Fonte: MaxiQuim, pesquisa Plastivida, 2012, adaptado.

Devido sua baixa densidade, o EPS ocupa muito volume, o que encarece seu transporte e consequentemente a sua reciclagem, exigindo quantidades muito grandes para se viabilizar economicamente o processo como um todo. (FORUM SEculo XXI, 2007) Além disso, se tratando de embalagens de alimento que podem conter gorduras, o processo de reciclagem é impossibilitado, aumentando o custo por conta da água utilizada no processo de lavagem. Essas são uma das principais circunstâncias que tornam o processo de reciclagem do isopor® pouco investida. (GALILEU, 2015)

Mas o fato do material não ser biodegradável ainda influencia o processo de reciclagem do isopor®, já que se trata da maior problemática do material, e que sem o processo de reutilização e reciclagem restos do material continuarão a ser vistos desde as vias publicas até canais de águas, lagos e oceanos.

Para isso, práticas de reciclagens, apesar de pouco populares, vem se tornando mais comum. Diante disso, Noguchi et al.⁴ (1998) apud Kan e Demiborga (2009), cita três métodos de reciclagem, que contribuem para o controle dos resíduos de EPS, os quais são:

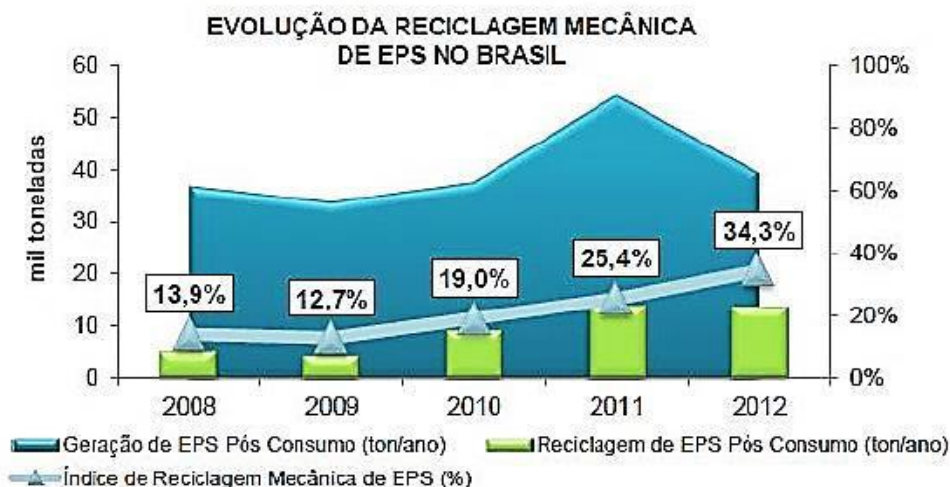
- a) reduzir o volume do EPS por meio de aquecimento, solvente ou fricção;
- b) reciclagem química, visando recuperar o monômero do estireno, para reutilizar como fonte química.
- c) reciclagem térmica, o qual é um método eficaz para resíduos contaminados, através do qual os resíduos de EPS podem ser utilizados para a geração de energia através da sua combustão.

Segundo Kan e Demiborga (2009), a escolha do tipo de procedimento depende das questões técnicas, econômicas e ambientais. E ainda afirmam que, a melhor alternativa para a redução e resíduos é a utilização de materiais reciclados no desenvolvimento de produtos sustentáveis.

De acordo com o jornal The São Paulo Times (2014), uma pesquisa comprovou que o Brasil reciclou, no ano de 2012, 34,5% do EPS (conhecido mundialmente como Isopor®) pós-consumo. Cerca de 13.570 toneladas foram recicladas. Percentuais de reciclagem de determinados anos, são apresentados na Figura 3.7.

⁴ Noguchi, T., Miyashita, M., Inagaki, Y., Watanabe, H., 1998. A new recycling system for expanded polystyrene using a natural solvent. *Packaging Technology Science* 11, 19.

Figura 3.7: Evolução da Reciclagem do EPS no Brasil



Fonte: MaxiQuim, pesquisa Plastivida, 2012.

Segundo a pesquisa da Plastivida (2012), apesar de apresentar baixos valores diante da quantidade de lixo de EPS gerado, os valores de reciclagem do EPS no Brasil continuam a crescer. Somente de 2008 para 2012, para uma quantidade de mil toneladas de resíduos de EPS gerado, tivemos um aumento de reciclagem de 13,9% para 34,3%. Porém, esse percentual de reciclagem apresenta uma diferença de região para região. A pesquisa da Plastivida aponta que regiões como Sul (37,1%) e Sudeste (41,9%) são os maiores recicladores, responsáveis por 79% desse valor. Seguidos do Norte com 17,3%, Centro-Oeste com 3,1% e Nordeste com 0,6%.

A pesquisa da Plastivida/Maxquim (2012) nos informa o percentual de reciclagem do EPS segundo as divisões regionais. No mesmo, é notório que a região sudeste apresenta um avanço, caracterizado pelas suas grandes instalações de processos de reciclagem e por obter melhores condições de logística. Tais fatores favorecem um alto nível operacional no parque industrial de reciclagem.

A pesquisa ainda abordou que apenas 60% da capacidade instalada pelas empresas de reciclagem do EPS, foram operadas. Isto implica que, uma quantidade maior poderia ter sido reciclada se houvesse tido melhorias na coleta seletiva do material. Fato devido à maioria da população ainda não possuir conhecimento de que o poliestireno expandido é um material 100% reciclável, e não realizarem adequadamente a separação do lixo.

Diante das aplicações, a pesquisa da Plastivida/Maxquim (2012), mostrou que o mercado que mais absorve o EPS reciclado é a construção civil, como apresentado na Tabela 3.3.

Tabela 3.3: Percentuais de reciclagem do EPS no Brasil.

SEGMENTO DE MERCADO	APLICAÇÕES	VOLUME (toneladas)	(%)
Construção Civil	Argamassa, concreto leve, lajotas, telhas termo acústicas, rodapés.	5.603	81%
Móveis	<i>Puffs</i> , enchimento de bancos, mesas.	484	7%
Utilidades Domésticas	Vaso de flores, floreiras, molduras de quadros.	380	5,5%
Calçados	Solados, chinelos.	380	5,5%
Outros	Embalagens para proteção de objetos	69	1%
TOTAL		6.917	100%

Fonte: Maxiquim, pesquisa Plastivida, 2012, adaptado.

3.11 O POLIESTIRENO EXPANDIDO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O EPS é um produto inerte, e chega a ser ofensivo ao meio ambiente quando não é fabricado de maneira apropriada com uso de agentes expansivos alternativos. Mas possui a grande vantagem de ser um material reciclável, o que aumente a sua eficiência, podendo ser várias vezes reutilizadas em uma mesma atividade. É também, um material leve, de fácil manuseamento. Quanto ao trabalho com o material, apresenta-se uma economia vantajosa na mão-de-obra, no corte da matéria-prima, com equipamentos e em tempo de execução. (ABRAPEX, 2006)

Diante desses fatores que beneficiam a empregabilidade do produto, o uso do EPS na construção civil torna-se vantajoso quando o assunto é proporcionar isolamento térmico e acústico, sendo eficiente também em relação à dilatação térmica, a impermeabilidade, a higiene, facilidade de manuseio, e tudo isso proporcionando a durabilidade que o material contém e a resistência que produz. Quanto ao seu leque de aplicações a Abrapex destaca:

O EPS tem inúmeras aplicações em embalagens industriais, artigos de consumo (caixas térmicas, pranchas, porta-gelo etc.) e agricultura. É na construção civil, porém, que sua utilização é mais difundida, por ser um material isolante, resistente e de extrema leveza. (ABRAPEX, 2006, p. 5).

Por conta desses fatores é que segundo a ABRAPEX (2006), há mais de 35 anos o material ganhou uma posição estável na construção civil devido todas essas características citadas, e, além disso, o baixo custo da sua utilização.

De acordo com Douroudiani e Omidian (2009) o EPS é um material altamente atrativo para o ramo da construção civil, devido seu baixo custo de utilização e instalação, resistência à biodegradação, resistência à umidade penetração e disponibilidade em uma ampla gama de tamanhos e densidades, e bom desempenho.

O EPS passou a ter mais destaque com a implementação da norma técnica de desempenho em edificações NBR 15575:2013, a qual fixa requisitos mínimos nas edificações construtivos como um procedimento de avaliação do desempenho de sistemas construtivos.

De acordo com a referida norma, é papel do projetista, especificar materiais, produtos e processos que atendam o desempenho mínimo estabelecido da norma com base nas normas prescritivas e no desempenho declarado pelos fabricantes dos produtos a serem empregados em projeto.

Quando se trata do EPS, o material é um grande contribuinte para que a edificação adquira alto desempenho em questões térmicas, e, também apresenta boa empregabilidade na questão de desempenho acústico.

Apesar do EPS não ser tão eficiente em questões acústicas, como ele é em questões térmicas, sua utilização proporciona condições favoráveis em isolamento acústico, mas que dependem diretamente dos tipos de aplicação do material.

A maior empregabilidade do material na construção civil ocorre em sistemas de pisos e vedações de paredes. Sua aplicação é feita por meio de inúmeras placas que possuem como objetivo principal, atender as condições mínimas de desempenho acústico no interior da casa, em relação a fontes de ruídos e de impactos.

4. APLICAÇÃO DO EPS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

4.1 PAINÉIS MONOLÍTICOS DE EPS

Reis (2015) destaca os painéis monolíticos de EPS como materiais que possuam um elevado grau de pré-fabricação utilizados na montagem de paredes, lajes e escadas. Os painéis fazem parte de um sistema de construção, onde sua composição é o poliestireno expandido, e podem ser apresentado em diferentes dimensões.

A origem do sistema construtivo de painel monolítico partiu de um projeto Italiano de industrialização da construção que foi desenvolvido para regiões propensas a terremotos e com a intenção de criar uma estrutura monolítica que não desmoronasse e que reunisse elementos de isolamento térmico e acústico totalmente vedado às intempéries. O sistema de painel monolítico tem homologação italiana (Certificato d'Idoneità Técnica) emitida em 1985 pelo Instituto Giordianos. (REIS, 2015)

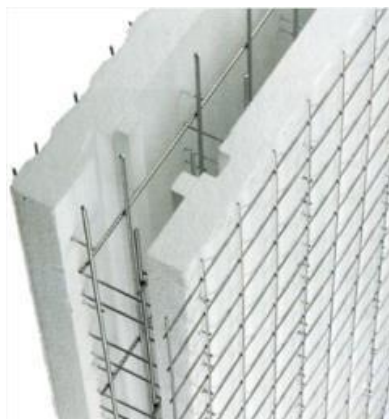
Kiesewetter (2007) afirma que construções desse porte podem ter diversas finalidades, dentre elas podemos apontar maior desempenho térmico e acústico, redução de custos, referente à sua agilidade no levantamento da obra. Esses painéis são utilizados em paredes, lajes e coberturas. A sua utilização permite a construção de casas com mais de um pavimento sem que haja a necessidade de pilares e vigas. Além de, apresentar bons resultados em regiões sujeitas a terremotos. Kiesewetter (2007), em artigo da revista *Téchne*, explica melhor essa técnica:

Devido sua comprovada estabilidade estrutural distribuída de forma uniforme os esforços sobre as fundações a estrutura apresenta suporte suficiente para resistir a possíveis abalos sísmicos. (...) A técnica quando combinada com as exigências apresentadas pela norma de desempenho estrutural, e de conforto térmico e acústico, apresentam melhor comportamento do que os métodos convencionais. (Kiesewetter, 2007, p. 101-102)

Segundo Kiesewetter (2007) os painéis compostos de chapas de EPS devem apresentar densidade de 15 a 16 kg/m³ com no mínimo uma espessura de 80 mm e larguras diversas que são cortadas de acordo com o tipo de obra projetada. Na parte interna e externa da placa são presas com grampos uma tela de aço eletrossoldadas com espessura de 3,4 mm, que atuam como um sanduíche na peça as tornando presas e reforçadas por grampos.

Os painéis podem se apresentar em três formatos: duplos (Figura 4.1), retangulares (Figura 4.2), ou ondulados (Figura 4.3).

Figura 4.1: Painéis monolíticos de EPS do tipo duplo.



Fonte: Estrutural Engenharia, 2016.

Figura 4.2: Painéis monolíticos de EPS do tipo retangular.



Fonte: Construção com EPS, 2016.

Figura 4.3: Painéis monolíticos de EPS do tipo ondulado.



Fonte: Almi telhas térmicas, 2006.

A escolha do tipo de painel para a utilização depende exclusivamente da capacidade de argamassa que irá preencher as cavidades do material, que formam a estrutura de reforço. Já a utilização de painéis duplos se faz necessário nas obras de mais de um pavimento, atendendo a altura estimada pelo projeto da edificação e com espaçamento entre as placas duplas que serão preenchidas com concreto estrutural. As placas de EPS podem ser utilizadas para a construção de paredes, pisos e coberturas, sendo que, quando finalizadas apresentam o mesmo aspecto de uma alvenaria tradicional.

Kiesewetter (2007) afirma que casas de EPS, podem apresentar paredes e lajes executadas com painéis monolíticos de EPS (poliestireno expandido), que são reforçadas com telas eletrossoldadas e revestidas nas duas faces com argamassa industrializada lançada manualmente ou com projetor, como ilustrado na Figura 4.4.

Figura 4.4: Processo de execução de paredes com placas de EPS



Fonte: EPS Brasil, 2014.

Os painéis de EPS podem ser utilizados junto a outros materiais (argamassa, concreto, gesso), devendo-se evitar apenas a presença de solventes. No que diz respeito às construções convencionais em comparação com as construções de EPS, ambas possuem os mesmos materiais utilizados em suas obras. Diante disso, Kiesewetter (2007) afirma que a principal diferença entre os dois métodos, é a leveza apresentada pelas placas de EPS que chegam a apresentar de 2,5 Kg/m² a 4,0 Kg/m² antes da aplicação da argamassa, enquanto alvenarias simples podem apresentar até 120 Kg/m².

Além disso, Novais et al. (2014), verificaram a diferença de desempenho térmico entre painéis de EPS e alvenaria de tijolos cerâmicos. Eles observaram que os painéis de EPS diminuíram em até 7° C a temperatura do interior dos cômodos.

4.2 LAJES

Segundo Sant’Helena (2009), as lajes de uma edificação na maioria das vezes possuem uma grande superfície, e que geralmente por isso, são os elementos estruturais que mais consomem concreto. Ainda conforme o autor, a laje maciça chega a consumir quase dois terços do volume total da estrutura.

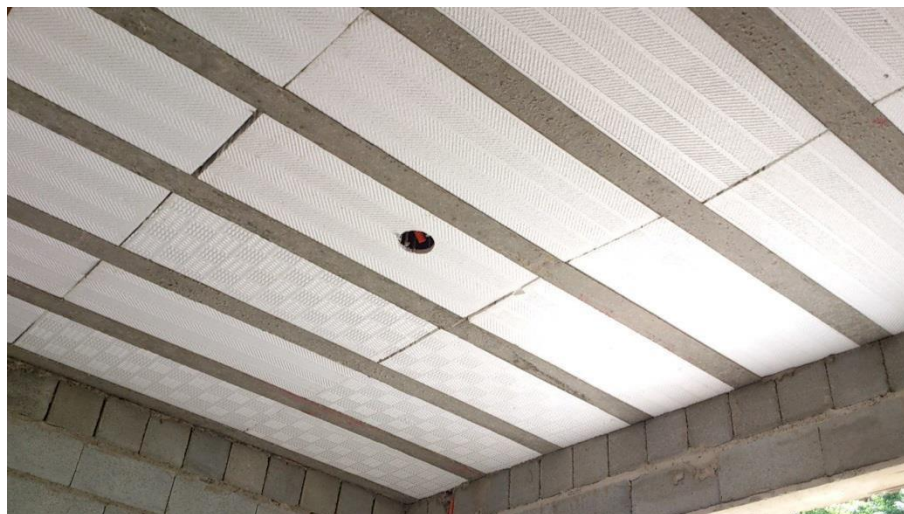
Diante desses fatores, e buscando a redução de cargas da estrutura, surgiu como solução: a laje conjugada de concreto e EPS. Sua utilização apresenta-se como uma alternativa econômica e segura, não compromete a estrutura, e o peso da obra é aliviado após a substituição de parte do concreto por EPS.

A utilização do EPS para a aplicação em lajes possui várias vantagens, que garantem benefícios e eficiência na sua aplicação, dentre elas podemos apontar pelo menos cinco. Segundo a Abrapex (2006):

- a) o EPS é um material inorgânico. Isso quer dizer que, não serve de alimento para nenhum ser vivo muito menos microrganismo. Este fator favorece o não apodrecimento do material, e nem que surja a presença de cupim.
- b) a leveza do material, reduz o peso da laje, devido a leveza que o EPS apresenta. Sua utilização pode reduzir o peso de estruturas em até com 10 kg/m³, e reduzir cargas de lajes quando materiais que possam proporcionar elevadas cargas, forem substituídos pelo EPS.
- c) apesar de o isopor ser muito leve, é um material que apresenta boa resistência, e que segundo a NBR 11752:2013, pode chegar a 50KPa.
- d) Por ser um excelente isolante térmico, conforme a Abrapex (2006), o material oferece baixa absorção de água, permitindo uma cura melhor e mais rápida.
- e) questão sustentável, pois o emprego do EPS em lajes pode ser feito de matéria primária ou reciclada.

A aplicação do material em lajes é feita, segundo a Abrapex (2006), com blocos que variam de 2 a 6 metros de comprimento, que apresentam seção de 0,5 x 1,00 m a 1,20 x 1,20 m. De acordo com o solicitado no projeto, podem ser facilmente cortados e adequados às atividades. A estrutura de uma laje de EPS pode ser bem observada na Figura 4.5.

Figura 4.5: Processo de enchimento de laje.



Fonte: Concreviga, 2016.

4.3 TELHADOS

De acordo com a Abrapex (2006) edificações térreas possui uma exposição à troca de calor de 70% através do telhado, e em sobrados uma média de 50%. Através disso podemos concluir que a cobertura de uma edificação é o maior responsável por perdas ou ganhos de calor nas edificações de um ou dois pavimentos.

Projetos que buscam conforto e economia devem sempre levar em consideração a questão do isolamento térmico da cobertura. O mesmo cuidado deve ser tomado em relação às paredes, principalmente para locais onde o clima possui variação muito grande de temperatura.

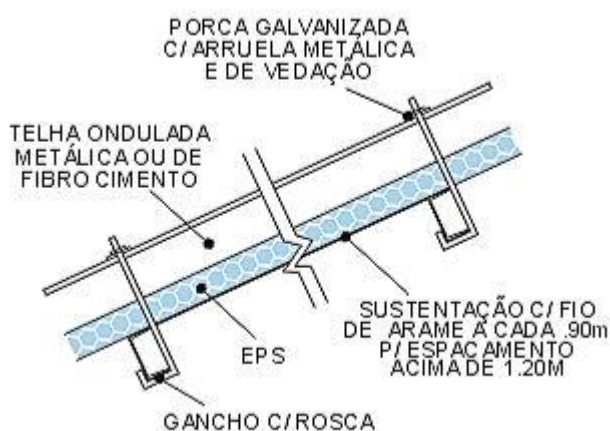
Segundo a Abrapex (2006), para essa aplicação, o EPS é fornecido em placas de espessuras adequadas e definidas pelo consumidor, já que, as placas podem adquirir qualquer tamanho por meio de corte. A aplicação pode ser feito diretamente sob as telhas, havendo diferentes posições definidas de acordo com o tipo de telha ou telhado usado.

No caso da aplicação das placas em telhados que estão sendo construídos, podem ser aplicados juntamente com outros materiais. Já quando a aplicação é feita através de uma reforma, as placas são colocadas com a cobertura já pronta, podendo ser aplicadas sob o telhado, ou sob o forro de laje. A Abrapex (2006) menciona que para a aplicação em telhados do tipo reforma, é aconselhável a utilização do EPS retardante à chama- classe F.

A aplicação do material em telhados, segundo a Abrapex (2006), pode ser feita das seguintes maneiras: telhado de fibrocimento com estrutura metálica, telhado de fibrocimento com estrutura de madeira, telhas cerâmicas ou ardósias e em qualquer tipo de cobertura com forro liso.

Nas estruturas metálicas as placas são fixadas através de terças metálicas ligados a arames esticados, ajustados de modo que apoiem bem as placas, como mostrado na Figura 4.6.

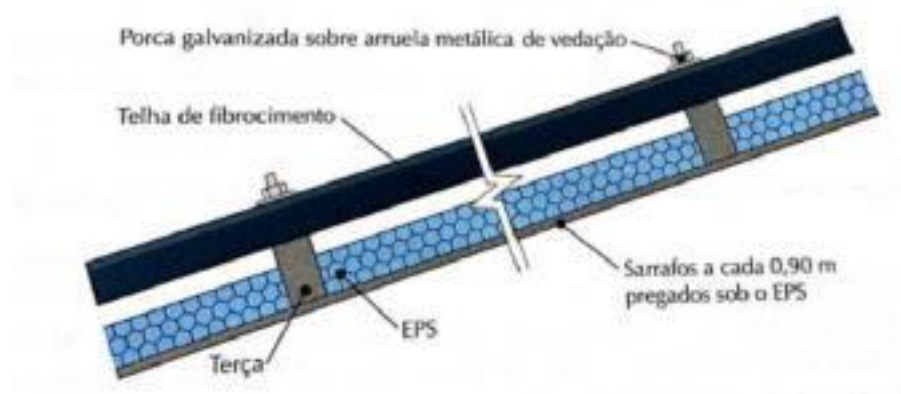
Figura 4.6: Isolamento térmico de telhados de fibrocimento e estrutura metálica.



Fonte: Abrapex, 2006.

Já o isolamento em telhado de fibrocimento com estrutura de madeira, fixa as placas de EPS com ajuda de sarrafos pregados nas terças de madeira, permitindo a máxima fixação das placas sobre a estrutura. Pode-se observar todo o processo na Figura 4.7.

Figura 4.7: Isolamento térmico de telhados de fibrocimento e estrutura de madeira.

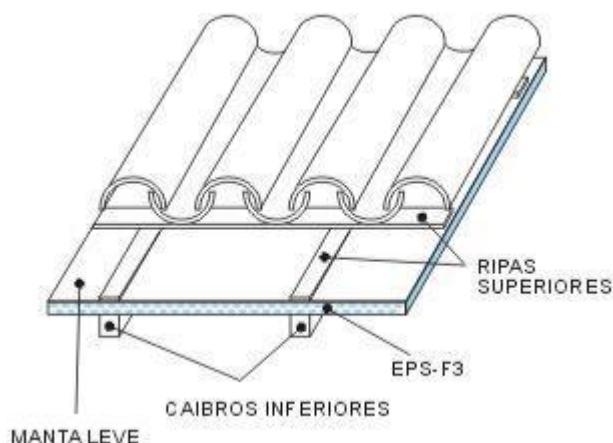


Fonte: Abrapex, 2006.

A única diferença da aplicação das telhas de fibrocimento com estrutura metálica, para a com estrutura de madeira, é o tipo de material utilizado na sustentação das placas de EPS.

Na aplicação do EPS em telhados constituídos de telhas cerâmicas (Figura 4.8), as placas de EPS são colocadas entre os caibros, e ripas são pregadas nos caibros e sobre as placas.

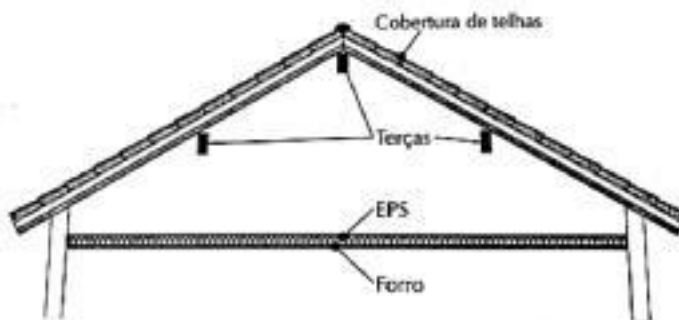
Figura 4.8: Isolamento com telhas cerâmicas (sem forro).



Fonte: Abrapex, 2006.

Já nas coberturas de forro liso, as placas são colocadas sobre o forro, ajustadas para não deixar frestas, e pregadas com pontos de cola de cimento, como ilustrado na Figura 4.9.

Figura 4.9: Isolamento do tipo cobertura com forro liso.



Fonte: Abrapex, 2006.

4.4 PLACAS DE EPS

Em regiões onde o clima predominante é o verão, é comum que algumas irradiações do sol aqueçam as paredes externas das casas, transformando-as em uma bateria que acumula calor. Segundo a Abrapex (2006), à noite esse calor acumulado é transmitido para dentro das casas. Já em regiões frias, acontece o contrário: as paredes resfriam pela noite, absorvendo o calor do interior da casa.

Assim, buscando uma redução nas trocas de calor e economia com gastos de energia elétrica, as placas de EPS começaram a ser utilizadas para isolar as paredes externas de casas.

No que diz respeito a outros métodos, sem que houvesse a aplicação do material na parede, a Abrapex (2006) destaca:

No primeiro caso, as paredes poderiam ser apenas bem sombreadas, o que parece mais fácil, mas nem sempre possível; já no caso de invernos rigorosos, todas as paredes externas devem ser isoladas, o que se pode fazer facilmente com EPS. O isolamento pela face externa das paredes é o mais eficiente (Abrapex, 2006, p. 63).

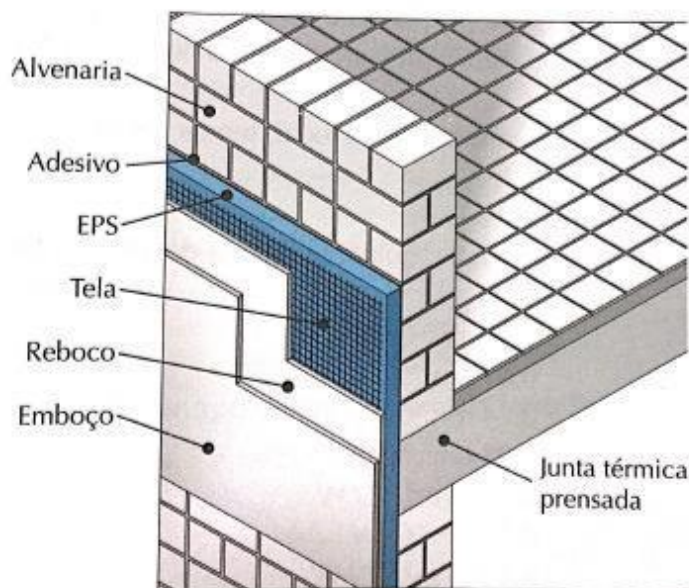
Para esse processo são utilizadas placas de EPS do tipo II, com densidade de 16 kg/m³, retardante à chama. A placa é aplicada sobre a parede com uma camada de material adesivo (Figura 4.10), e impressada (tipo sanduíche) com uma tela de arame galvanizado do tipo galinheiro, que recebe uma argamassa de acabamento. (Figura 4.11)

Figura 4.10: Processo de revestimento das placas de EPS.



Fonte: Construção com EPS, 2016.

Figura 4.11: Processo de aplicação de placas de EPS em paredes.



Fonte: Abrapex, 2006.

Após a camada de argamassa deve-se fazer a pintura com tinta resistente a água. Essa tinta possui a finalidade de impedir a infiltração da água da chuva, e de preferência de cor clara para reduzir a absorção de calor.

Diante desse aspecto, ABNT por meio da NBR 15575: 2013 – Norma Técnica de Desempenho estabeleceu requisitos para avaliar o desempenho das edificações. Essa norma traz orientações de requisitos mínimos para se atingir a eficiência técnica, através de um bom desempenho térmico.

Quanto à aplicação do EPS, o mesmo apresenta ótimo desempenho tanto em climas frios quanto em quentes. Em regiões de climas quentes, o EPS permite a redução de consumos de energia com ar condicionados utilizados para a refrigeração do ambiente, devido a sua alta capacidade de isolamento térmico, que permite o rápido resfriamento e por mais tempo.

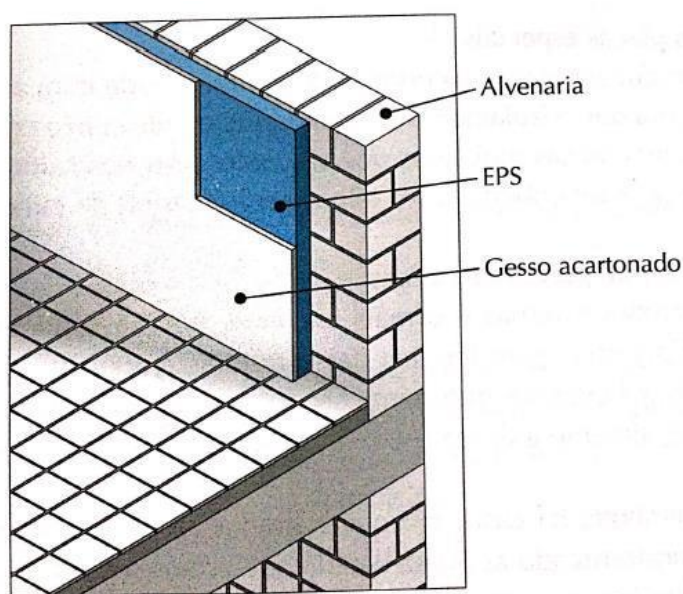
Quando aplicado em regiões frias, o EPS elimina o uso de aquecedores, aumentando a temperatura ambiente da casa, permitindo maior conforto dos ocupantes, e também a redução de gastos energéticos.

Goulart (2007) afirma que no caso de edificações, as paredes também podem ser isoladas internamente. Esse processo admite que baixas temperaturas ocasionadas por ar condicionados, sejam mantidas por um bom tempo, não havendo troca de calor com as

paredes que estão em contato com o calor do ambiente externo, reduzindo gastos de energia e aumentando a eficiência térmica do cômodo.

Caso seja desejada a implantação desse sistema de isolamento térmico em prédios já existentes, a Abrapex (2006), relata que nesse caso o processo de aplicação acontece de outra forma. As placas de EPS são aplicadas nas partes internas da casa, diretamente sob a parede e protegidas com placas gesso de acartonado, proporcionando economia, rapidez, e uma obra seca e limpa. Essa aplicação é ilustrada na Figura 4.12.

Figura 4.12: Isolamento térmico interno de edificações já projetadas.



Fonte: Abrapex, 2006.

Além disso, quando colocado placas de EPS entre duas paredes de alvenaria, ou em uma parede de alvenaria e um revestimento rígido, além dos quesitos térmicos que apresenta qualitativamente um grande benefício, problemas com ruídos também são constantemente suavizados.

4.5 PISOS

4.5.1 Piso Flutuante

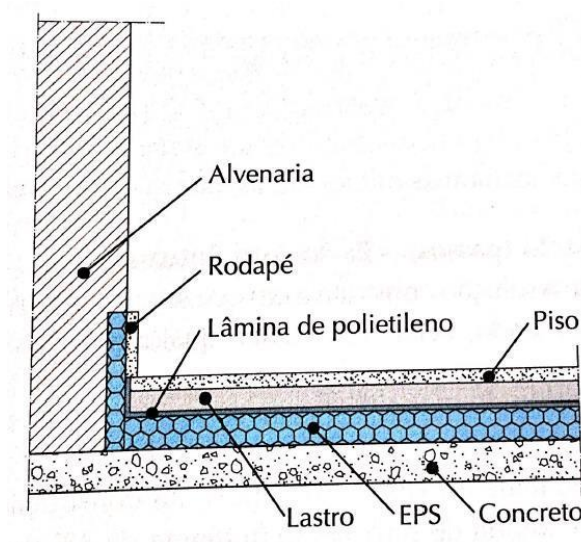
O EPS também pode ser utilizado como isolante acústico em piso, mas necessita de um tratamento prévio de placas de EPS.

O piso flutuante, como é conhecido, foi uma alternativa que surgiu para a redução dos ruídos que são transmitidos dos apartamentos ou escritórios, para toda a edificação. A técnica

tende a reduzir os ruídos que são transmitidos através do piso para a laje e causam incomodo para o andar de baixo. Conforme afirma a Abrapex (2006), e ilustrada na Figura 4.13, sua aplicação é feita da seguinte forma:

O Pavimento flutuante é construído de maneira que possa montar, sobre a laje bruta, placas de poliestireno expandido, próprias para o isolamento contra o ruído de passos, e sobre estas aplicar o papel alcatroado ou o filme de polietileno. Aplica-se depois, na construção de habitações de mais de um pavimento, pelo menos uma camada de pavimento flutuante de 3,5 cm de espessura, devendo, no entanto, ter-se claro que a camada do pavimento flutuante não pode ficar em contato, em nenhum ponto, com a laje ou a alvenaria, a fim de evitar pontes sonoras (ABRAPEX, 2006, p.69).

Figura 4.13: Processo de aplicação do EPS em piso flutuante.



Fonte: Abrapex, 2006.

A NBR 15575:2013 também destaca a questão do desempenho acústico das edificações. Segundo a norma, os edifícios habitacionais devem apresentar isolamento acústico que seja adequado à vedação externa, suportando ruídos externos, e que sejam adequados entre áreas comuns e privado.

4.5.2 Piso Amortecedor

Bassanesi (2012) afirma que esse método de aplicação é utilizado principalmente na infraestrutura de áreas de lazer. Como por exemplo, academias de danças, espaços de festas e também áreas destinadas a estacionamentos. A autora diz que o método de aplicação do

material busca o isolamento acústico no piso, nas paredes e no forro para que o uso dos espaços de lazer não venha a interferir no conforto acústico dos moradores dos andares inferiores.

Segundo Bassanesi (2012), a construção de pavimentos com piso amortecedor é feito com a concretagem rebaixada de vinte e dois centímetros que são preenchidas com todas as camadas de materiais necessárias ao processo de isolamento.

Bassanesi (2012) define que no procedimento são utilizados isoamortecedores de Gerb, responsáveis pelo isolamento de esforços dinâmicos constantes e blocos de isopor, que servem de revestimento para os isoamortecedores (Figura 4.14), e são fixados com a ajuda de fita isolante (Figura 4.15). Sobre essa primeira câmara, é adicionada uma lona plástica e concretada uma laje com espessura de quatro centímetros. Após o tempo de cura, é adicionado concreto até obter a espessura do piso estimado no projeto. Todo o esquema do projeto é apresentado na Figura 4.16.

Figura 4.14: Isoamortecedor posicionado no centro da placa de EPS.



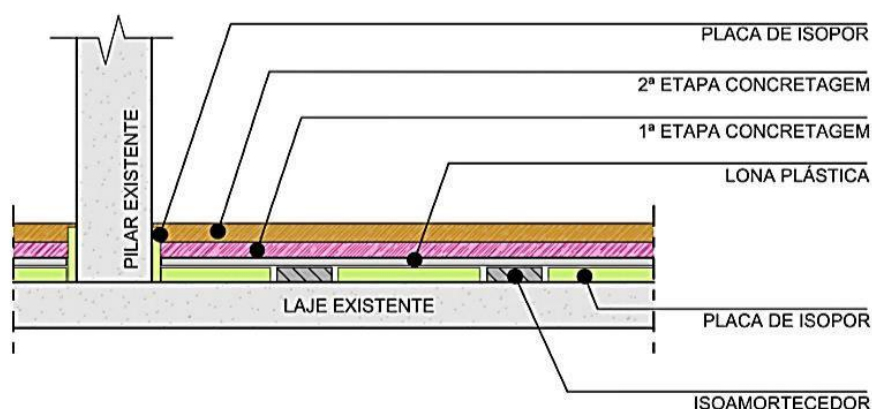
Fonte: Bassanesi, 2012.

Figura 4.15: Isoamortecedor revestido com placas de EPS.



Fonte: Bassanesi, 2012.

Figura 4.16: Esquema do piso amortecedor.



Fonte: Bassanesi, 2012.

4.6 ISOLAMENTO TÉRMICO EM CÂMARAS FRIAS E FRIGORÍFICAS

Tessari (2006) define uma câmara fria ou frigorífica como sendo um espaço confinado, onde seu ambiente interno é controlado por um sistema de refrigeração, que possui dois tipos de finalidade. Uma delas é proteger a qualidade dos produtos a temperaturas próximas de 0 °C (câmara de resfriamento). A outra é prolongar o período de estocagem do produto a temperaturas abaixo de -18 °C (câmara de congelamento).

Com isso, na busca de um sistema de câmaras eficientes, com redução dos elevados custos resultantes da utilização da energia elétrica, junto com redução dos gastos de implantação e durabilidade da obra tornou-se um grande desafio à busca pela redução dos custos de energia.

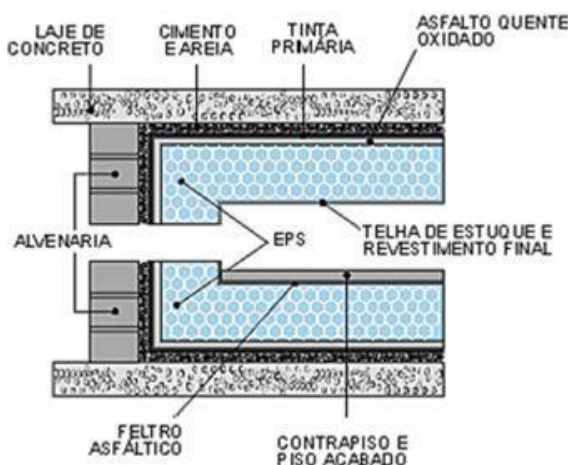
Para isso, o primeiro cuidado a ser tomado é com a impermeabilização, para que possam atuar de forma eficiente, como barreiras de vapor d'água e assim sejam executadas com exatidão.

Os painéis pré-fabricados tipo “sanduíches” são compostos por dois revestimentos metálicos que cercam um núcleo isolante: o EPS. Aqui, o núcleo tem a responsabilidade de reduzir as trocas de calor entre o interior e o exterior da câmara, por isso é necessário à utilização de um material que possua baixa condutividade térmica. Neste caso, o EPS pode ser aplicado, tanto em câmaras construídas com alvenaria como pré-fabricadas. Estes materiais, na sua grande parte, são porosos, sendo que a elevada resistência térmica se deve à baixa condutividade térmica do ar contido nos seus vazios (CHAGAS, 2006).

Já no caso das câmaras pré-fabricadas, ilustrada na Figura 4.17, a Abrapex (2006), define que:

A montagem de câmaras em painéis pré-fabricados em EPS é considerada isolamento de terceira geração. Os painéis são geralmente revestidos com chapas metálicas. A montagem é mais rápida e as barreiras de vapor mais eficientes, além de paredes delgadas que ocupam menos espaço para mesmos volumes de câmaras. (...) O núcleo de EPS e o revestimento são unidos por colagem e prensagem, formando um elemento rígido e de resistência mecânica muito boa. O fechamento do teto com painéis suspensos dispensa lajes e permite grandes vãos sem colunas dentro da câmara. (Abrapex, 2006, p. 67)

Figura 4.17: Isolamento térmico de câmaras frigoríficas.



Fonte: Abrapex, 2006.

4.7 BLOCOS VAZADOS DE EPS

Os blocos vazados de EPS passaram a ser mais conhecidos desde que foram definidas como construções sustentáveis. Viabilizando a utilização de materiais alternativos para alvenaria, devido o avanço da tecnologia que buscava a redução dos impactos ambientais, sem que a economia fosse afetada, e que ao mesmo tempo gerasse benefícios para a sociedade.

Foi então, que os blocos vazados de EPS foram criados, com o objetivo de reduzir a mão-de-obra, o tempo gasto na construção e o desperdício de material. Fora isso, o material proporciona também o isolamento térmico e acústico que em obras de alvenaria comum não proporcionam. Aliados a uma melhoria em dimensionamento e alinhamento das paredes resultantes dos formatos geométricos dos blocos.

Os blocos de EPS possuem alta densidade o que proporciona sua rápida aplicação. Após armados, levantam paredes até formarem a estrutura estudada e são preenchidos com concreto até compor a unidade residencial.

Segundo a Abrapex (2006), os blocos têm paredes com 40 mm de EPS em ambas às faces, sendo fornecidas nas dimensões de 120x30x 14 cm, podem ser facilmente recortadas de acordo com o projeto.

No procedimento de montagem, a Abrapex (2006), afirma que deverão ser deixadas pontas de aço no eixo das paredes, com mais ou menos 60 cm, para que haja modulação da perfuração dos blocos.

A cada fiada de blocos é colocada uma barra de aço de pequeno diâmetro e os vazios presentes nos blocos são preenchidos por concreto. As barras de aço são amarradas verticalmente nas barras e esse manuseamento é repetido até a altura da laje, também preenchido por EPS. A Figura 4.18 demonstra o processo de montagem.

Figura 4.18: Blocos de EPS montados e concretados.



Fonte: Técnica, 2007.

Para o revestimento da obra, se for optado por aplicação de azulejo, deve ser utilizado na área definida argamassa industrializada. Já nas outras o procedimento é o mesmo da forma convencional, é aplicado massa corrida ou gesso.

4.8 CONCRETO LEVE

Segundo o Portal do concreto (2012), o concreto é um material que somente é obtido através de uma mistura racional de aglomerante (o cimento), de agregados (areias e britas), e água. Onde, o cimento ao ser hidratado pela água, se transforma em uma pasta resistente e aderente aos fragmentos de agregados (brita e areia), utilizados na formação de estruturas monolíticas.

Sabe-se que é possível obter outros tipos de concretos com características especiais se forem adicionados outros materiais à mistura, como por exemplo: o poliestireno expandido (isopor).

O concreto que possui em sua definição EPS (isopor®) como agregado é conhecido como concreto leve. O EPS é adicionado à mistura como agregado, e conforme afirma a Abrapex (2006), pode ser inserida em forma de pérolas pré-expandidas (Figura 4.19) ou “flocos” de EPS reciclado (Figura 4.20).

Figura 4.19: Pérolas de EPS



Fonte: Isotex, 2016.

Figura 4.20: Eps em formato de “flocos” após processo de trituração.



Fonte: Plástico Visual, 2016.

De acordo com a Abrapex (2006), a mistura dos materiais é geralmente feita em betoneiras (Figura 4.21), e ocorre quando a massa cimento-areia envolve as partículas de EPS, solidificando a mistura. Já, as pérolas ou os “flocos” (EPS reciclado e triturado) flutuam em água, o que dificulta a técnica. Para isso, é necessária a adição de um aglomerante adesivo que seja solúvel em água e permita a união de todos os componentes. Como por exemplo, cola de madeira ou de papel.

Figura 4.21: Processo preparativo do concreto leve em betoneira.



Fonte: Tessari, 2006.

A principal propriedade que influencia diretamente no uso do EPS na construção civil, é a possibilidade de redução do peso dos elementos. Conforme a Abrapex (2006) afirma, concretos convencionais que utilizam pedra britada como agregado apresenta uma densidade aparente de aproximadamente 2400 kg/m³. Enquanto o concreto leve, variando de acordo com o tipo e necessidade de cada aplicação, varia de 700 a 1600 kg/m³.

Porém, a aplicação do concreto leve em edificações só é apropriada para elementos que não exigem grandes esforços. No entanto, as propriedades leveza, fácil manuseio, ótima isolamento térmica e boa isolamento acústica são beneficiadas. A respeito disso, Demirboga e Kan (2012), também verificaram que a adição de resíduos de poliestireno expandido (após tratamento térmico), reduziu consideravelmente a condutividade térmica do concreto.

Outro benefício da utilização do isopor® como agregado, é que, segundo a Abrapex (2006), o poliestireno expandido não absorve água, o que proporciona economia na quantidade de água utilizada no procedimento de mistura.

Quanto ao concreto leve, a Abrapex (2006), ressalta importantes propriedades:

- a) para aplicações que requerem densidades menores que 700 kg/m³, pode-se dispensar a areia fina.
- b) apresenta alta resistência ao fogo.
- c) no que se trata a adição de água ao cimento, deve-se ter certa cautela, pois as pérolas de EPS não absorvem água devida sua estrutura fechada. Já, os “flocos” de reciclagem absorvem uma pequena quantidade.

Suas aplicações vão desde a fabricação de blocos, que para isso é necessário misturas mais densas, até regularização de lajes, pavimentos (Figura 4.22.), mobiliários (bancos de ambientes externos) e áreas de lazer.

Quanto à dilatação térmica do material a Abrapex (2006), afirma que entre 20 °C e 40°C a dilatação térmica no concreto leve é menor do que no concreto convencional. Podendo atingir até $1,3 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ em temperaturas entre 40 °C e 80°C.

Figura 4.22: Contra piso com aplicação de concreto leve feito com resíduos de EPS.



Fonte: Tessari, 2006.

4.9 MOLDURAS

Conforme afirmam Roquete, Araújo e Bellini (2008), as molduras de EPS podem ser aplicadas na parte interna ou externa de edificações. Apresentam uma instalação fácil, rápida, e limpa se comparada a outros materiais, como o gesso. Se comparados os dois, a aplicação do gesso na construção civil proporciona uma maior quantidade de resíduos no ambiente da obra. Além disso, o isopor também atua na substituição de madeira e argamassa.

Dentre as vantagens já citadas da aplicação do EPS, sua aplicação em molduras garantem ótimo acabamento, durabilidade, leveza e resistência. Além disso, em sua aplicação não há utilização de guinchos e guias, reduzem o peso da obra e não possui limitação em seu uso.

Segundo a empresa EPS Sistemas Construtivos (2008), a moldura é composta por EPS recortado no devido formato da sua utilização (Figura 4.23), revestida em sua superfície por uma camada de poliéster e argamassa sintética modificada com aditivos, os quais são responsáveis pela impermeabilidade, resistência e segurança da peça. Podem-se observar alguns formatos dos diversos tipos de molduras de EPS na Figura 4.24.

Figura 4.23: Moldura de EPS.



Fonte: Doroudiani e Omidian, 2009.

Figura 4.24: Formatos e aplicações de molduras de EPS.



Fonte: Eps Sistemas Construtivos, 2008.

4.10 ESTRADAS

Devido ao baixo peso específico apresentado pelo EPS e a sua boa resistência mecânica, que é aproximadamente igual à de um solo perfeitamente compactado, Roquete, Araújo e Bellini (2008) afirmam que o emprego do EPS na pavimentação de estradas possibilita redução do peso específico do conjunto maciço para cerca de 1%, mantendo a resistência mecânica igual ou superiores à de um solo compactado.

Além disso, os volumes de EPS empregados na pavimentação, já são compactados desde a industrialização, além de proporcionar fácil aplicação e rapidez na obra.

Nesse tipo de aplicação, o EPS deve apresentar uma densidade igual ou superior a 20kg/m^3 , pois densidade menores resultarão em resistências mecânicas e deformações incompatíveis com as requeridas para o uso na Geotecnia.

Figura 4.25: Aplicação do EPS em pavimentação.



Fonte: Nakamura, 2012.

Quanto ao método de execução do projeto, Roquete, Araújo e Bellini (2008) diz que inicialmente é feito o nivelamento da base de colocação dos blocos de EPS, e em seguida aplicada uma camada de areia com cerca de 5 centímetros de espessura sobre o solo para acomodação e nivelamento da primeira camada de blocos.

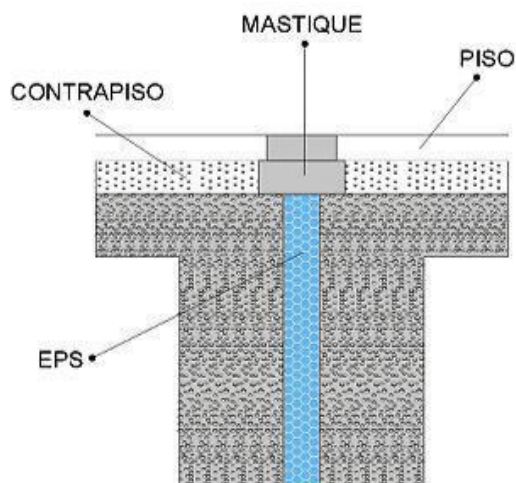
Logo após, Roquete, Araújo e Bellini (2008), afirmam que o processo é dado continuidade com a aplicação da primeira camada de blocos (tomando o cuidado de não permitir espaços vazios entre eles e observando um perfeito nivelamento dessa camada de partida). Posteriormente é feita a sobreposição de camadas subsequentes, que impedem a coincidência das juntas entre as camadas, e aplicado um filme de polietileno sobre o conjunto, como proteção aos ataques químicos. Por fim, é recoberto todo o conjunto com a proteção mecânica, aterro com mínimo de 60 cm de terra compactada com vibrador mecânico ou laje de concreto diretamente sobre os blocos, conforme especificação no projeto.

4.11 JUNTAS DE DILATAÇÃO

Conforme a Abrapex (2006), construções de concreto com mais de 36 metros de comprimento, devem conter juntas de dilatação. A eficácia das juntas é proporcionada se, e somente se, o material utilizado for durável e elástico. Nesse caso, o EPS é inserido, e permanece no local onde é necessária a aplicação após a construção dos compartimentos, e por fim concretado.

A aplicação do EPS atende os requisitos, devido sua capacidade elástica, resistente, durável, impermeável e de baixo custo. A estrutura da aplicação é observada na Figura 4.25.

Figura 4.26: Poliestireno expandido aplicado como junta de dilatação.



Fonte: Abrapex, 2006.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base em todas as propriedades e vantagens do poliestireno expandido citadas ao longo do trabalho, pode-se concluir que o material é perfeitamente aplicável no ramo da construção civil, principalmente diante de questões de isolamento térmico e redução dos esforços característicos do peso da obra.

Além desses fatores, a leveza, fácil transporte, fácil corte, adaptação a diversas dimensões, resistência considerável, e capacidade de isolamento acústico que o material apresenta, também são pontos favoráveis que comprovam a sua extensa empregabilidade.

Com base na pesquisa de autores e empresas, pôde-se comprovar que o poliestireno expandido é um material 100% reciclável, que vem apresentando aumentos anuais nos percentuais de reciclagem dos resíduos gerados, mas que ainda é baixa quando comparados com os altos valores de EPS descartados diariamente.

Buscando reduzir ainda mais a visibilidade do EPS nos aterros e vias públicas, que a pesquisa apresenta como uma solução, a aplicação do material como agregado do concreto leve. Um dos fatores que, além disso, proporcionam leveza em peças fabricadas e nas estruturas levantadas em obras de edificações.

Quando o EPS é utilizado na construção de edificações, o material apresenta potencial para questões de redução do tempo da execução do projeto, apresentando obras limpas com poucos resíduos gerados. Além da redução e facilidade de mão-de-obra, e ainda a possível reciclagem dos materiais emitidos no ambiente, como por exemplo, na fabricação de concreto armado.

Diante de tantas vantagens que favorecem a economia, não atingindo o meio ambiente, e favorecendo cada vez mais a sociedade, verificou-se a considerável eficiência da aplicação do poliestireno expandido no ramo da construção civil, principalmente quando se trata de economia e versatilidade.

REFERÊNCIAS

ABRAPEX (Ed.). **Manual de Utilização EPS na Construção Civil**. São Paulo: Pini, 2006. 124 p.

ALMI TELHAS TÉRMICAS. **Produtos**. 2006. Disponível em: <<http://almitelhastermicas.wix.com/almi#!page2/cjg9>>. Acesso em: 26 mar. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11752**: Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e em câmaras frigoríficas. Rio de Janeiro, 2007. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-5**: Edificações habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro, 2013. 63 p. Disponível em: <http://360arquitetura.arq.br/wp-content/uploads/2016/01/NBR_15575-5_2013_Final-Sistemas-de-Cobertura.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2016.

BALBO, Thiago Duarte; TOSTA, Yan França. ANÁLISE DA OPINIÃO DO CONSUMIDOR EM RELAÇÃO AO DESCARTE DE EPS E SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS. **Revista Ciências do Ambiente On-line**, Campinas - Sp, v. 8, n. 1, p.1-6, mar. 2012.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética : Epe. Ministério de Minas e Energia – MME. **BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL**. Brasília- Df, 20152014. 155 p. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2015.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2016.

BASSANESI, Natália Saccaro. **Isolamento Acústico**. 2012. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/eso/content/?tag=manta-de-la-de-vidro>>. Acesso em: 13 maio 2016.

CALLISTER, William D.. **CIÊNCIA E ENGENHARIA DOS MATERIAIS: UMA INTRODUÇÃO**. 5. ed. São Paulo: Ltc, 2002. 624 p.

CANEVAROLO, S.V. **CIÊNCIA DOS POLÍMEROS**. Editora Art Lîber. 1ª ed., 2002, 184p.

CASA CONSCIENTE. **A Energia nos Edifícios**. Disponível em: <http://www.casaconsciente.com.br/pdf/energia_nos_edificios.pdf>. Acesso em: 28 dez. 2015.

CHAGAS, J. A. C. **Projeto e Construção de Câmaras Frigoríficas**. YORK Refrigeration. Joinville/ SC, 2006.

CONCREVIGA (Belo Horizonte). **Laje Protendida com EPS**. 2016. Disponível em: <http://www.concreviga.com.br/home.php?valor=12&tipo_pag=padrao>. Acesso em: 13 maio 2016.

CONSTRUÇÃO COM EPS. Isorecort. **Placas de EPS para isolamento térmica de paredes externas e internas**. 2016. Disponível em: <<http://www.construcaocomisopor.com.br/placas-de-eps-para-isolacao-termica-de-paredes-externas-e-internas/>>. Acesso em: 26 mar. 2016.

CORRÊA, Lásaro Roberto. **SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. 2009. 70 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia e Materiais de Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

DEMIRBOGA, Ramazan; KAN, Abdulkadir. Thermal conductivity and shrinkage properties of modified waste polystyrene aggregate concretes. **Construction And Building Materials**, Turkey, p.1-5, 29 abr. 2012.

DIXIT, M. K.; FERNANDEZ-SOLIS, J. L.; CULP, C. H. **Protocol for Embodied Energy Measurement Parameters**. Department of Architecture, Texas A&M University, United States of America, 2010.

DOROUDIANI, S.; OMIDIAN, H.. Environmental, health and safety concerns of decorative mouldings made of expanded polystyrene in buildings. **Building And Environment**, Canadá, p.1-8, 5 ago. 2009.

EPS BRASIL (São Paulo). Comissão Setorial de Eps. **O que é EPS?: EPS Poliestireno Expandido**. 2014. Disponível em: <<http://www.epsbrasil.eco.br/eps/index.html>>. Acesso em: 02 fev. 2016.

EPS BRASIL (São Paulo). **Produtores sugerem ao crescente mercado imobiliário brasileiro a usar EPS**. 2014. Disponível em: <<http://www.epsbrasil.eco.br/noticia/view/9/produtores-sugerem-ao-crescente-mercado-imobiliario-brasileiro-a-usar-eps.html>>. Acesso em: 28 mar. 2016.

EPS SISTEMAS CONSTRUTIVOS. **CONSTRUÇÕES EM PAINÉIS DE EPS**. 2008. Disponível em: <http://epssistemasconstrutivos.com.br/sis/web/arquivos/af32a79fb016a93daf7dddbbe55a8e41b9c94a3ec_eps-caracteristicas-do-material.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2016.

ESTRUTULAR ENGENHARIA (São Francisco - Mg). **Casas de isopor: As Construções em Isopor já e tendencias em varios Países do Mundo !**. 2016. Disponível em: <<http://www.estrutularenharia.com.br/produtos.html>>. Acesso em: 26 mar. 2016.

FÓRUM SÉCULO XXI. **Isopor – grande vilão do meio ambiente devido à dificuldade para ser reciclado**. 2007. Disponível em: <<http://forumseculo21.com.br/noticias936,isopor—>>

-grande-vilao-do-meio-ambiente-devido-a-dificuldade-para-ser-reciclado.html>. Acesso em: 10 fev. 2016.

GALILEU, Revista. **Larvas que se alimentam de isopor podem ajudar a preservar o meio ambiente**. 2015. Disponível em: <<http://revistagalileu.globo.com/Ciencia/noticia/2015/10/larvas-que-se-alimentam-de-isopor-podem-ajudar-preservar-o-meio-ambiente.html>>. Acesso em: 10 fev. 2016.

GORNI, Antonio Augusto (Ed.). **INTRODUÇÃO AOS PLÁSTICOS**. 2006. Disponível em: <<http://www.gorni.eng.br/intropol.html>>. Acesso em: 29 fev. 2013

GOULART, Solange. **Sustentabilidade nas Edificações e no Espaço Urbano: Técnicas e práticas utilizadas no Edifício Verde**. Santa Catarina: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Ufsc, 2007. 32 p. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV5161_Sustentabilidade_apostila_0_0.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2016.

INSTITUTO AKATU. **Isopor - grande vilão do meio ambiente devido à dificuldade para ser reciclado**. 2007. Disponível em: <<http://www.akatu.org.br/Temas/Residuos/Posts/>>. Acesso em: 7 mar. 2016.

ISOTEX (Venezuela). **EPS (POLIESTIRENO EXPANDIDO)**. 2016. Disponível em: <<http://www.grupoisotex.com/>>. Acesso em: 14 maio 2016.

KAN, Abdulkadir; DEMIRBOGA, Ramazan. A new technique of processing for waste-expanded polystyrene foams as aggregates. **Journal Of Materials Processing Technology**, Turkey, p.1-7, 2 jul. 2009.

Kats, G. **Greening Our Built World: Costs, Benefits, and Strategies** – Washington DC: Island Press, 2010. P.259.

KAYA, Ayse; KAR, Filiz. Properties of concrete containing waste expanded polystyrene and natural resin. **Construction And Building Materials**, Turkey, p.1-7, 22 dez. 2015.

KIESEWETTER, Oswaldo. Como construir: Paredes de painéis monolíticos de EPS. **Téchne: A revista do Engenheiro Civil**, São Paulo, v. 1, n. 129, p.101-104, 14 dez. 2007. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/51988351/techne-129#scribd>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

MINAYO, M.C. de S. (2010). **O desafio do conhecimento: Pesquisa Qualitativa em Saúde**. (12ª edição). São Paulo: Hucitec-Abrasco.

MONTENEGRO, Ricardo Sá Peixoto; SERFATY, Moysés Elias. **ASPECTOS GERAIS DO POLIESTIRENO: Setor Petroquímico**. 2002. Biblioteca Digital da BNDES. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Publicacoes/Consulta_Expressa/Tipo/BNDES_Setorial/200209_13.html>. Acesso em: 10 fev. 2016.

NAKAMURA, Juliana. Fundações e Contensões: Os cuidados da estabilização de aterros com blocos de EPS. **Infraestrutura Urbana: Projetos, custos e construção**, São Paulo, v. 22, jun. 2012.

NOVAIS, J. W. Z.; OLIVEIRA, E. V.; JOAQUIM, T. D'orazio. Comparação do Desempenho Térmico de Painéis em EPS como Alternativa aos Tijolos Cerâmicos no Conforto Térmico de Residências em Cuiabá-MT. **Unopar Científica: Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v. 13, n. 1, p.39-43, nov. 2014.

ONU. Conferência das Nações Unidas Sobre Desenvolvimento Sustentável. Rio + 20. **O futuro que queremos**. Rio de Janeiro, 2012. 16 p. Disponível em: <http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/03/Rio+20_Futuro_que_queremos_guia.pdf>. Acesso em: 19 dez. 2015.

PLÁSTICO VISUAL (São Paulo). **Poliestireno**. Disponível em: <<http://plasticovirtual.com.br/servico/poliestireno.php>>. Acesso em: 14 maio 2016.
PLASTIMAR. **Vantagens do EPS: Construção**. 2011. Disponível em: <<http://www.plastimar.pt/index.php?id=27>>. Acesso em: 02 fev. 2015.

PLASTIVIDA/MAXIQUIM. **Brasil recicla 34,5% do EPS pós-consumo**. São Paulo, 2012.

PLASTIVIDA. **MONITORAMENTO DOS ÍNDICES DE RECICLAGEM MECÂNICA DE PLÁSTICOS NO BRASIL**. São Paulo, 2012. 23 p.

PORTAL DO CONCRETO. **Concreto**. Disponível em: <<http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/concretos.html>>. Acesso em: 25 mar. 2016.

REIS, Cíntia. **Painel Monolítico em EPS (Poliestireno Expandido)**. 2015. Disponível em: <<http://www.guiadaobra.net/painel-monolitico-eps-poliestireno-expandido-718/>>. Acesso em: 03 abr. 2016.

RODRIGUES, Brunela Pollastrelli; BRITO, Flávia Maria Silva; CAMPANHARO, Wesley Augusto. **Pesquisa Qualitativa versus Quantitativa**. 2011. 22 f. Tese (Pós- Graduação) - Curso de Ciências Florestais, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2011.

ROQUETE, Karina; ARAÚJO, Camila; BELLINI, Luiz Gustavo Sartori. **CONSTRUÇÕES EM PAINÉIS DE EPS**. 2008. Disponível em: <http://epssistemasconstrutivos.com.br/sis/web/arquivos/af32a79fb016a93daf7dddb55a8e41b9c94a3ec_eps-caracteristicas-do-material.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2016.

SANT'HELENA, Maiko. **ESTUDO PARA APLICAÇÃO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) EM CONCRETOS E ARGAMASSAS**. 2009. 87 f. TCC (Graduação)

- Curso de Engenheiro Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense - Unesc, Criciúma, 2009.

SIRESP- SINDICATO DA INDÚSTRIA DE RESINAS PLÁSTICAS. **Consumo em: Aparente.** 2005. Disponível em: <<http://www.siresp.org.br/indicadores/indicadores.php>>. Acesso em: 29 mar. 2016.

TÉCHNE: A revista do Engenheiro Civil. São Paulo: Pini, v. 1, n. 129, 14 dez. 2007.

TECNOCELL (Santa Catarina). **PROPRIEDADES MECÂNICAS:** Tecnologia em EPS. Disponível em: <<http://www.tecnocell.com.br/eps.php?epsID=3>>. Acesso em: 06 fev. 2016.

TERMOEPS. **O eps e o meio ambiente:** São Simão- Sp, 2008. 32 slides, color.

TESSARI, Janaina. **UTILIZAÇÃO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO E POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE SEUS RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL.** 2006. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

THE SÃO PAULO TIMES. **Primeira pesquisa comprova que o Brasil recicla 34,5% do EPS (Isopor) pós-consumo:** O Brasil reciclou 13.570 toneladas em 2012 e ainda há espaço para ampliar esse número.. 2014. Disponível em: <<http://saopaulotimes.com.br/sp/primeira-pesquisa-comprova-que-o-brasil-recicla-345-do-eps-isopor-pos-consumo/>>. Acesso em: 10 fev. 2016.