CENTRO UNIVERSITÁRIO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
UNIPAC BARBACENA
ENGENHARIA CIVIL

BRUNO DE CASTRO AFFONSO
DANIEL AUGUSTO REZENDE GOMES

O USO DO SISTEMA MONOLÍTICO EM EPS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL

BARBACENA
2021

BRUNO DE CASTRO AFFONSO
DANIEL AUGUSTO REZENDE GOMES

O USO DO SISTEMA MONOLÍTICO EM EPS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Presidente Antônio Carlos – UNIPAC BARBACENA, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Prof.ª Ma. Deysiane Antunes Barroso Damasceno.

BARBACENA
2021

Dedicamos este trabalho aos nossos pais, que sempre estiveram presentes e nos apoiando na nossa vida acadêmica. Dedicamos também ao nosso querido amigo Elvys Reis que nos acompanhou e ajudou na realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus, por nossas vidas, pela saúde e foco, e por ter nos ajudado a ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da realização de todo o curso.

Aos nossos pais e familiares, que sempre estiveram presentes e nos incentivaram e apoiaram nos momentos difíceis e compreenderam a minha ausência enquanto eu me dedicava à realização deste trabalho.

Gratos pela confiança e disposição da nossa querida orientadora Deysiane Antunes, e nosso amigo Elvys Reis, que dedicaram horas nos ajudando para que o trabalho fosse concluído satisfatoriamente.

Aos nossos colegas de curso, com quem convivi intensamente durante os últimos anos, pelo companheirismo e pela troca de experiências que me permitiram crescer não só como pessoa, mas também como formando.

“Por mais difícil que a vida possa parecer, existe sempre algo que você pode fazer ou alcançar” – Stephen Hawking

RESUMO

Quando se trata de sustentabilidade na construção civil, nunca é tarde para a descoberta e implantação de novas metodologias e técnicas construtivas, que englobam inúmeros benefícios sociais e ambientais. Apesar de demonstrar ser uma área bastante conservadora quando se trata de métodos construtivos, é de suma importância que a construção civil avance para novas aplicabilidades e descobertas tecnológicas que envolvam medidas sustentáveis. Neste contexto, o sistema monolítico em poliestireno expandido (EPS) se encaixa como um método inovador, o qual proporciona uma série de vantagens para as obras, como alta produtividade, menor produção de resíduos, eficiência energética, entre outros. Como o seu uso tem ganhado espaço no mercado da construção civil, entendê-lo melhor passa a ser de suma importância e se torna o objetivo deste trabalho. Embora ainda não seja muito difundido, o EPS é um material 100% reciclável e reaproveitável, o que faz dele um material sustentável, diminuindo consideravelmente impactos ambientais e evitando a disposição incorreta de resíduos na natureza. Entre outros aspectos, ele permite substituir a alvenaria convencional em edificações, desde as mais simples até as mais complexas, sem ter a necessidade da criação de pilares ou vigas.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Poliestireno Expandido. Tecnologias da Construção.

ABSTRACT

When it comes to sustainability in civil construction, it is never too late for the discovery and implementation of new construction methodologies and techniques, which encompass countless social and environmental benefits. Despite proving to be a very conservative area when it comes to construction methods, it is of utmost importance that civil construction advances towards new applicability and technological discoveries that involve sustainable measures. In this context, the monolithic system in expanded polystyrene (EPS) fits as an innovative method, which provides a number of advantages for the works, such as high productivity, lower waste production, energy efficiency, among others. As its use has been gaining space in the civil construction market, a better understanding of it becomes of utmost importance and becomes the goal of this work. Although it is still not widespread, EPS is a 100% recyclable and reusable material, which makes it a sustainable material, reducing environmental impacts considerably and avoiding the incorrect disposal of waste in nature. Among other aspects, it allows the substitution of conventional masonry in buildings, from the simplest to the most complex, without the need to create pillars or beams.

Keywords: Sustainability. Expanded Polystyrene. Building Technologies.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 7
2 DESENVOLVIMENTO 8
2.1 Sustentabilidade na construção 8
2.2 Sistema de construção monolítico em EPS 12
2.2.1 Características do poliestireno expandido 14
2.3 Sistema construtivo 15
2.4 Vantagens do sistema monolítico em EPS 18
2.4.1 Baixa condutividade térmica 18
2.4.2 Impactos ambientais reduzidos 19
2.4.3 Sustentabilidade e economia de energia 20
2.5 Utilização do sistema EPS internacionalmente 21
2.6 Tipos de painel em EPS 22
2.6.1 Painel simples 22
2.6.2 Painel duplo 23
2.6.3 Painel parede divisória 23
2.6.4 Painel piso 23
2.6.5 Painel especial – estrutural e isolante 24
2.6.6 Painel tipo escada 25
2.6.7 Painel autoportante 25
2.6.8 Canaletas em EPS 26
2.7 Transporte e armazenamento dos painéis em EPS 26
2.7.1 Transporte 26
2.7.2 Armazenamento 27
2.8 Uso do EPS como aterro ultraleve em solos moles 28
2.9 Reaproveitamento do poliestireno expandido 29
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS 32
REFERÊNCIAS 33

1 INTRODUÇÃO

Devido à evolução da industrialização e urbanização, a indústria da construção tem-se desenvolvido cada vez mais e, juntamente com isso, houve um aumento nas buscas por novos materiais de construção e, consequentemente, surgiu uma forte necessidade do emprego de materiais alternativos para um desenvolvimento mais sustentável.

A busca por um equilíbrio entre os métodos de construção existentes atualmente é determinante na etapa de projeto, visando produtividade, rapidez e menores impactos. Porém o ramo da Construção Civil é bastante conservador quanto à adoção de novos métodos e tecnologias, o que faz com que os métodos convencionais continuem sendo referência nas obras. A busca por novas disposições construtivas se torna, portanto, de grande importância e necessidade para a melhoria desse cenário, principalmente no que se refere à redução de custos, ao aumento da produtividade e ao controle de desperdícios (CAMARGO, 2019).

Nesse sentido, destaca-se o uso do sistema construtivo monolítico feito com poliestireno expandido (EPS, do inglês *expanded poliestirene*), popularmente conhecido como isopor®. Os painéis são constituídos por treliças e telas eletrosoldadas, grampos de aço galvanizado e com o uso de concreto ou argamassa industrial, sendo um sistema inovador, apesar de sua chegada ao Brasil ter ocorrido há quase 32 anos (SOUZA, 2019). Sua principal característica é a sustentabilidade, tendo em vista que a construção civil é uma grande geradora de resíduos que ocasionam problemas ambientais e sociais. Ele pode ser usado não só como um sistema de vedação, mas também como elemento estrutural, apresentando grandes vantagens se comparado com métodos usualmente utilizados, como a alvenaria convencional de blocos cerâmicos e o sistema de *drywall*, a saber: agilidade na construção, baixo custo de execução e de mão de obra, boas características térmicas e acústicas, menor peso próprio e maior resistência e praticidade relacionadas à integração dos sistemas hidráulico e elétrico (GOULART; JUNIOR, 2018).

Sendo assim, este trabalho visa esclarecer as principais características do sistema construtivo monolítico em EPS, verificando suas características econômicas e sustentáveis, sua viabilidade e seu processo produtivo. Além disso, avaliam-se os aspectos ambientais sobre o reaproveitamento do EPS, tendo em vista seu uso em diversos setores da indústria, observando qual o destino do resíduo gerado e qual seria a possível forma de reaproveitá-lo na construção civil.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Sustentabilidade na construção

Para que uma construção possa ser classificada como sustentável, é preciso que ela atenda a requisitos ambientais, econômicos, sociais e culturais, preponderantes nas etapas de projeto, execução e ao longo de sua vida útil. Parâmetros como a interação do edifício com o meio ambiente são de grande relevância na avaliação de sua sustentabilidade, com objetivos que visam à conservação da identidade cultural, regional e a otimização do espaço, minimizando o consumo de energia e água, utilizando matérias-primas e produtos de baixo impacto ambiental e fontes de energia renováveis (REIS, 2011).

Segundo Silva (2003), o propósito de uma avaliação de sustentabilidade é juntar informações e dados de forma holística, os quais servirão de apoio nos processos de tomadas de decisão durante o ciclo de vida de um edifício. Atualmente existem alguns dispositivos no mercado da construção, utilizados na avaliação de uma construção sustentável ou no suporte à concepção sustentável, sendo as mais conhecidas e utilizadas a BREEAM (Método de Avaliação Ambiental do *Building Research Establishment*), desenvolvida no Reino Unido, e a LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), desenvolvida nos Estados Unidos.

A maioria das ferramentas é desenvolvida numa abordagem *bottom top*, que significa a soma e a combinação do desempenho de diversos materiais e componentes de um edifício, que resultam em grande parte do seu desempenho global, incluindo necessidades energéticas (ERLANDSSON; BORG, 2003).

Neste contexto, as maiores dificuldades na avaliação da sustentabilidade de uma construção estão relacionadas às características particulares da indústria, enfatizando aspectos como a multidisciplinaridade, processo de produção e produto final, durabilidade variável e desempenho dependente de seus utilizadores, entre outros aspectos (BRAGANÇA; MATEUS, 2006).

No estudo de Bragança e Mateus (2006), foi possível observar que existem alguns fatores que dificultam o processo de avaliação, destacando a versatilidade que cada indicador de parâmetros carrega consigo, que dependem do contexto tecnológico, econômico, social e cultural de cada país ou região. Essa avaliação envolve diferentes tipos de parâmetros quantitativos e qualitativos, nem sempre correlacionados entre si, nem expressos na mesma magnitude.

Foram analisados alguns parâmetros que se destacaram na avaliação da sustentabilidade de uma construção, a saber (BRAGANÇA; MATEUS, 2006):

a) Sistemas de Análise de Ciclo de Vida (ACV) dos produtos e materiais de construção;
b) Sistemas e ferramentas de avaliação e reconhecimento da construção sustentável;
c) Ferramentas de suporte à concepção de edifícios sustentáveis.

Os sistemas de Análise de Ciclo de Vida (ACV) dedicam-se às fases de anteprojeto e projeto, buscando qualificar os impactos ambientais dos materiais desde a extração da matéria-prima até o uso e descarte final não só da indústria da construção civil, como também de outras indústrias. A avaliação do desempenho econômico é um fator de grande importância na avaliação do sistema ACV, atuando diretamente no sucesso comercial de qualquer edifício (JÚNIOR *et al.*, 2008).

Devido ao fato de avaliarem impactos ambientais que atuam de forma direta ou indireta no ciclo de vida dos materiais e produtos, esses sistemas fornecem dados importantes para a avaliação da sustentabilidade. No Brasil, a ACV é padronizada pela norma NBR ISO 14040 (ABNT, 2014), a qual descreve os princípios e a estrutura de uma ACV. Além disso, outros sistemas similares à ACV são reconhecidos nacional e internacionalmente, citando-se: *US Life Cycle Inventory Database* (Estados Unidos), *EPA LCA Resources* (Estados Unidos), *LCA Commons* (Estados Unidos), *ELCD* (Europa), Open LCA (Estados Unidos), ACV INMETRO (BRASIL), *Eco-Quantuam* (Holanda), *Eco-Effect* (Suécia), *ENVEST* (Reino Unido), *BEES* (Estados Unidos), *ATHENA* (Canada) e *LCA House* (Finland) (WAYCARBON, 2021).

Os sistemas de ferramentas de avaliação e reconhecimento da construção sustentável, por sua vez, têm como objetivo garantir a sustentabilidade dos edifícios ao longo de toda sua vida útil (projeto, construção, uso e operação, manutenção, demolição/reabilitação), tornando possível e promovendo uma melhor integração entre os parâmetros ambientais, econômicos, funcionais e sociais (LUCAS, 2011).

As ferramentas de suporte à concepção de edifícios sustentáveis, assim como a ACV, são aplicadas às fases de anteprojeto e projeto dos edifícios, e apoiam as diversas decisões na definição do desempenho pretendido para o edifício, onde o engenheiro descreve as propriedades pretendidas para a solução final do projeto através de uma hierarquia de requisitos e níveis de desempenho preestabelecidos e que devem ser respeitados pela equipe de projeto (JÚNIOR *et al.*, 2008). Ferramentas como a metodologia BIM ou EcoProp são

exemplos desses métodos (FIG. 1).

Figura 1 – Exemplo da metodologia BIM

Fonte: Integratte Engenharia, 2021.[1]

Diante do que foi exposto, nota-se que as ferramentas e métodos citados funcionam como apoio e suporte no projeto de edifícios sustentáveis, pois transcrevem a sustentabilidade em metas específicas para avaliar o desempenho geral de cada requisito na avaliação geral. Embora as abordagens variem nos diferentes sistemas de avaliação e reconhecimento da construção sustentável, elas se assemelham em determinados pontos, pois analisam os mesmos indicadores de desempenhos sociais, ambientais e econômicos (LUCAS, 2011).

No estudo de Reis (2011), observou-se que a maior parte dos sistemas de avaliação e reconhecimento de edifícios sustentáveis baseiam-se na legislação e regulamentação local, em soluções convencionais de construção, sendo que o peso de cada indicador e parâmetro é pré-determinado de acordo com a realidade social local, cultural, ambiental e econômica. Portanto, a maioria deles só pode ser refletida em uma escala local ou regional, no entanto, existem alguns exemplos de métodos que podem ser utilizados em escala global.

Atualmente existem três tipos diferentes de sistemas de reconhecimento e avaliação de edifícios sustentáveis, que estabelecem a base de outras abordagens utilizadas internacionalmente: o BREEAM e o LEED, citados anteriormente, e o GBTool (do inglês, *Green Building Chelleng Framework*), desenvolvido pelo trabalho de equipes de 20 países (REIS, 2011).

Em sistemas como BREEAM e LEED, a avalição é baseada em uma lista de verificação de etapas do projeto, que reúne um conjunto de pré-requisitos e pontuações

[1] integratteengenharia.com.br/metodologia-bim

relacionadas a um projeto e metas de desempenho como demonstrado nos QUADROS 1 e 2. Uma das condições para o reconhecimento e aprovação de um edifício sustentável, é que todos os pré-requisitos sejam cumpridos. Sendo assim, quando o edifício cumpre ou excede o desempenho pretendido de cada parâmetro, ele pode receber um ou mais pontos, e o somatório de todos os pontos determina o desempenho global da edificação (LUCAS, 2011).

Quadro 1 – Estrutura de avaliação do sistema BREEAM.

Categorias	**Pontos**
Uso de energia	208 pts
Gestão	150 pts
Saúde/conforto	150 pts
Transporte	120 pts
Uso de materiais	104 pts
Ecologia local	96 pts
Poluição	154 pts
Uso do solo	32 pts
Ecologia local	96pts

Fonte: BALDWIN *et al.*, 1998. Adaptado pelos autores.

Quadro 2 – Estrutura de avaliação do sistema LEED.

Categorias	**Pontos**
Transporte alternativo	até 04
Gestão de água da chuva	até 02
Redução de poluição luminosa	01
Seleção de área	01
Paisagismo com uso eficiente de água	até 02
Conservação de água	até 02
Otimização do desempenho energético	02 a 10
Uso de energia renovável	até 03
Redução de equipamentos de condicionamento e ventilação artificial	01

Categorias	Pontos
Reutilização de recursos	até 02
Reutilização de edifício	até 03
Aumento da eficiência de ventilação	01
Conforto térmico	até 02
Luz natural e vista para o exterior	até 02
Inovação (estratégias de projeto e uso de tecnologias)	até 04

Quadro 2 – (continuação)

Fonte: USGBC, 2000. Adaptado pelos autores.

No GBTool, por outro lado, a avaliação é realizada através da comparação do desempenho de um edifício, em cada nível de parâmetro, com um caso de referência, que precisa ser determinado para cada tipo de edifício, o que faz com que o consumo de recursos seja muito grande. Esse sistema integra um sistema básico para calcular os impactos ambientais causados pelos materiais de construção e o peso de cada indicador e parâmetro na avaliação de desempenho global pode ser ajustado de acordo com as prioridades locais (BUENO; ROSSIGNOLO 2010).

2.2 Sistema de construção monolítico em EPS

O sistema de construção monolítico em poliestireno expandido (EPS), ou simplesmente sistema EPS, utiliza um material inovador, que proporciona diversos benefícios para as obras, como agilidade, alta produtividade, baixo custo na execução e características termoacústicas elevadas. Ele é composto por argamassa, tela, treliças eletrosoldadas, grampos de aço galvanizados e, sobretudo, o EPS (GOULART; JUNIOR, 2018).

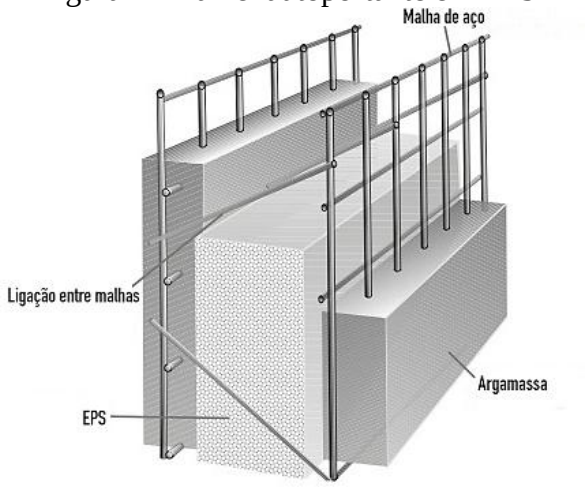
Esse sistema surgiu na Itália, em 1980, no Instituto Giordianos, visando amenizar os efeitos causados pelos abalos sísmicos, de modo que a estrutura não desmoronasse na ocorrência desse fenômeno da natureza, trazendo mais conforto e segurança aos usuários devido às suas características de baixa condutibilidade térmica e sonora, sua redução substancial no peso final da construção e também devido à sua alta resistência à compressão (ALVES, 2015).

Neste sentido, pode-se afirmar que o sistema EPS tem ganhado cada vez mais espaço no mercado da construção civil, permitindo a construção de casas e edifícios dos mais simples aos mais complexos, sem a necessidade de vigas ou pilares. Isso ocorre pois os próprios elementos do painel sustentam a edificação, transmitindo as cargas de forma uniforme para as fundações, que, por sua vez, têm suas dimensões reduzidas consideravelmente por conta do baixo peso próprio do sistema EPS em relação aos métodos convencionais (BERTOLDI, 2007).

No Brasil, o sistema chegou por volta da década de 90 e foi submetido a vários testes e ensaios normativos para comprovar sua eficiência, ficando limitado por um tempo a pessoas especializadas, mas com o passar dos anos as empresas buscaram se aperfeiçoar e oferecer produtos semelhantes, como o sistema Hitech que consiste na automatização dos processos construtivos, ganhando agilidade e tempo, oferecido pela empresa de origem americana que já comercializa esse produto no Brasil. Apenas em alguns estados, como São Paulo, Rio de Janeiro, Goiás e Minas Gerais, o uso do sistema EPS é mais frequente, e devido a esse conservadorismo do setor da construção civil, a qualidade do produto final e também o tempo de entrega podem ser comprometidos e afetados, devido à falta de mão de obra qualificada, o que acaba acarretando custos adicionais (SOUZA, 2009).

O sistema é todo produzido industrialmente, podendo ser fabricado com diferentes dimensões e adequado a qualquer tipo de edificação. Ele é constituído por placas de poliestireno expandido (EPS), que ficam localizadas no centro do conjunto, e malhas de aço leves de alta resistência soldadas entre si, interligadas por barras de aço, as quais carregam a função estrutural da peça. Após a instalação, uma camada de argamassa ou concreto é aplicada sobre a estrutura para a finalização, possibilitando assim um isolamento termoacústico e uma alta resistência ao fogo. Sua composição final é bastante leve, pesando entre 2,5 e 4 kg/m^2 antes da aplicação da argamassa, enquanto as mesmas dimensões de alvenaria simples podem chegar a 120 kg/m^2 (ALVES, 2015). A FIG. 2 apresenta a estrutura de um painel do sistema EPS.

Figura 2 – Painel autoportante em EPS



Fonte: Qualitat Engenharia.[2]

2.2.1 Características do poliestireno expandido

O poliestireno expandido (EPS, do inglês *expanded poliestirene*) foi descoberto na Alemanha, em 1949, pelos químicos Fritz Stastny e Karl Buchholz, em laboratórios da empresa BASF (do inglês, *Badische Anilin & Soda Fabrik*). Popularmente conhecido como isopor®, foi registrado no Brasil em 1988 pela empresa Knauf Brasil. Trata-se de um plástico celular rígido resultante da polimerização do estireno em poliestireno, o que ocorre com a adição de peróxidos e com a suspensão em água, sendo originado do petróleo e composto 98% de ar e 2% de plástico. Para que seu agente expansor seja ativado, na composição do EPS é empregado o hidrocarbureto e o pentano, que se deterioram de forma rápida, fazendo com que esse material se torne mais sustentável por conta das reações fotoquímicas que são geradas pelos raios solares, sem que o meio ambiente fique comprometido (GOULART; JUNIOR, 2018).

Sendo o poliestireno um polímero artificial que faz parte das resinas termoplásticas, sua viscosidade é alterada de acordo com a temperatura que ele é exposto, tornando-se mais viscoso e moldável a certo nível de calor, possibilitando aplicações em formatos específicos (MOURA; SANTOS, 2019). Seu processo de fabricação passa por uma transformação física que não modifica suas propriedades químicas, dividindo-se em algumas etapas, a saber:

a) Pré-expansão: etapa responsável por reduzir densidade da matéria-prima e elevar a expansão das pérolas de EPS, que se dá através da penetração de vapor no grânulo de

[2] qualitatengenharia.com.br/paineis-autoportantes-com-eps/

poliestireno que contém gás pentano, criando pressão necessária para que a pérola se expanda;

b) Armazenamento intermediário: fase posterior à pré-expansão, na qual as pérolas descansam por um período antes de serem aplicadas ou injetadas nos moldes ou em outros locais com formatos específicos;
c) Moldagem e finalização: após a injeção das pérolas nos moldes com vácuo ou ar comprimido, o material é exposto ao vapor novamente, fundindo-se e ganhando forma.

As resinas de EPS são polímeros amplamente difundidos na área da construção civil, geralmente disponíveis em formas específicas ou em blocos grandes, utilizados para isolamento térmico e acústico de pisos, paredes, telhados etc., mas também são empregados em fundações, construções de pavimentos, elementos de construção modular, conglomerados leves como cimentos e argamassas, entre outros.

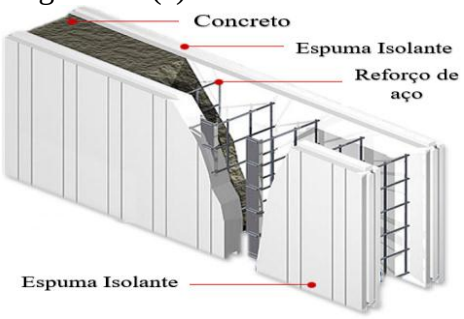
> As principais características do poliestireno são sua baixa densidade (9 a 40 kg/m^3), sendo 98% de seu volume constituído de ar, alta resistência à compressão (7000 até 14000 kgf/m^2), baixa condutibilidade térmica, isolamento térmico, permitindo poupar energia que, durante a vida útil de um edifício, pode ser centenas de vezes superior à energia consumida durante o seu processo de fabricação (NOVAIS *et al., 2014 apud* SANTOS *et al.,* 2013, p. 40), baixa absorção de água e umidade, inodoro, adere a outros plásticos, compatibilidade com a maioria dos materiais utilizados na construção civil, (cimento, gesso, cal, água), versatilidade, isolamento acústico e durabilidade (NOVAIS *et al*. 2014, p. 40).

Além das suas inúmeras vantagens e benefícios como sistema construtivo, é importante ressaltar que o EPS é um material 100% reciclável e reaproveitável, tendo em vista que grande parte da população não conhece essa propriedade e acaba fazendo o descarte de forma inapropriada, como em rios, lagos e oceanos (SOUZA; ASSIS, 2014).

2.3 Sistema construtivo

O sistema monolítico em EPS pode ser construído com o uso de blocos ou de painéis. Os blocos de EPS se encaixam de forma similar às peças de lego®, alinhados conforme o desenho da planta, enquanto os painéis são constituídos de duas grelhas aramadas, que substituem os blocos de cerâmica convencionais. A FIG. 3 e a FIG. 4 exemplificam os blocos e os painéis, respectivamente.

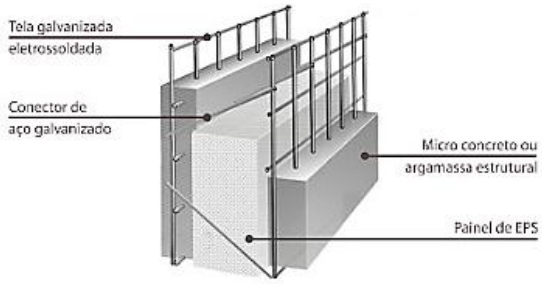
Figura 3 – (a) Bloco de EPS isolado; (b) Sistema de blocos de EPS em construção



(a) (b)

Fonte: Civilização engenheira, 2015.[3]

Figura 4 – (a) Painel de EPS isolado e (b) Sistema de painéis de EPS em construção



(a) (b)

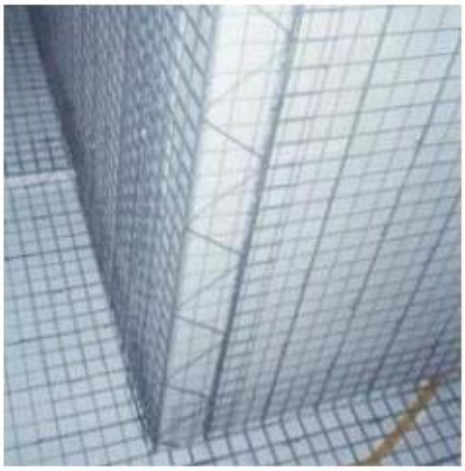
Fonte: Bruman Engenharia, 2021.[4]

Devido ao fato do sistema monolítico em EPS ser composto por painéis de duas malhas de aço e de treliças que atravessam o EPS fazendo a ligação entre as malhas como visto na FIG. 4a, ele é considerado autoportante, por possuir resistência suficiente para dispensar a necessidade de auxílio de outras estruturas de vedação, como pilares e vigas, para se manter estável (CAMARGO *et al.*, 2019).

Para formar essa malha, barras de 2,5 mm de diâmetro são dispostas transversalmente a cada 130 mm, e barras de diâmetro de 3,5 mm são colocadas longitudinalmente em intervalos de 75 mm. Então, a fixação dos painéis EPS consiste em 100 mm de malha, sobreposta em cada lado dos painéis (FIG. 5), permitindo interligação entre as telas com arame ou barras de aço. Por fim, as juntas entre os painéis e a estrutura confeccionada com aços são soldados à estrutura, adaptando-se às placas e garantindo assim maior estabilidade construtiva do sistema (KRÜGER, 2000).

[3] civilizacaoengenheira.wordpress.com/2015/09/07/icf-o-sistema-que-utiliza-formas-de-isopor-para-a-construcao-de-paredes-de-concreto/
[4] brumanengenharia.com.br/mainObras.html

Figura 5 – Malha de aço sobreposta ao EPS



Fonte: Krüger, 2000.[5]

A etapa de montagem dos painéis em EPS tem certas diferenças quando comparada a outros métodos, por se tratar de painéis pré-fabricados conforme o projeto. Isso traz praticidade à obra, tornando-a mais rápida. Outra vantagem no período de montagem, como pode ser visto na FIG. 6, é que a instalação de tubos hidráulicos e elétricos não gera resíduos, já que esse processo é feito utilizando um soprador térmico nos locais onde passarão as tubulações, fazendo com que as placas EPS se derretam no local. Então, as telas são removidas e recolocadas no painel para a realização desta etapa (SILVA, 2018).

Figura 6 – Instalação de condutos hidráulicos e elétricos no sistema monolítico em EPS

Fonte: Paredes Betel, 2021.[6]

Por se tratar de um material bastante leve, o seu transporte é fácil e prático, assim como o descarregamento e o processo de montagem, deixando a obra mais dinâmica. (SIQUEIRA, 2017).

[5] KRÜGER, Paulo Gustavo Von. Análise de painéis de vedação nas edificações em estrutura metálica. 2000.
[6] paredesbetel.com.br/index.php

Segundo Genol (2021), para a montagem dos painéis, deve-se mantê-los alinhados às guias de ferro do contrapiso e fixados por grampos e arames recozidos. Para facilitar a montagem, os painéis vêm de fábrica com numeração de acordo com o projeto, e as abas de malha devem se sobrepor às abas do painel seguinte para composição do conjunto monolítico.

Ambos os sistemas, em blocos e em painéis isolados, são vantajosos, possuem capacidade portante e de fácil montagem. De modo geral, a instalação é feita através do encaixe de um bloco ou painel em outro e as instalações hidráulicas e elétricas são instaladas em vãos obtidos com o derretimento do material, feitos conforme o projeto, seu acabamento é feito com jatos de argamassa especial (BERTOLDI, 2007). A parede de poliestireno expandido é altamente resistente, sendo 30% maior do que os sistemas com cerâmica de vedação convencionais.

2.4 Vantagens do sistema monolítico em EPS

Quando comparado ao método convencional de alvenaria em blocos cerâmicos, o EPS traz diversos benefícios, os quais são explicitados nos itens a seguir.

2.4.1 Baixa condutividade térmica

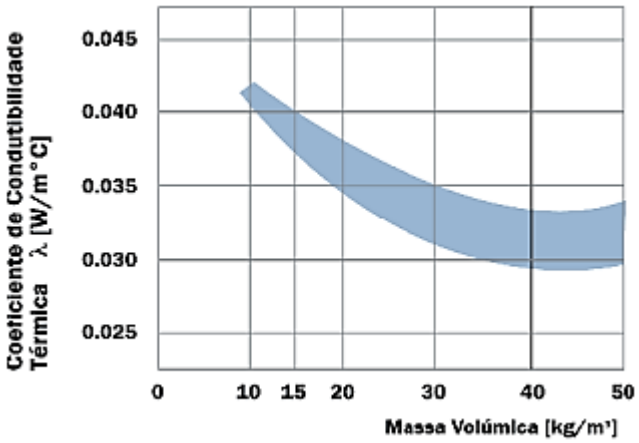
Segundo Lima e Amorim (2010), a diminuição de ambientes naturais em áreas urbanas faz com que a temperatura local sofra variações. A ocorrência desse fenômeno é causada por diversos fatores, como a redução de espaços verdes, o desvio de rios, o aumento de indústrias que emitem poluentes na atmosfera e outras atividades inerentes à vida urbana, que além de aumentar a temperatura, provoca também diminuição da umidade relativa do ar, resultando em um clima denominado clima urbano.

Ainda segundo Lima e Amorim (2010), mesmo em pequenas e médias cidades, tais fatores conseguem apresentar características que alteram o clima local, na qual estão diretamente ligadas às formas de uso do solo. Por consequência da urbanização, a temperatura neste meio sofre extremas variações, tendo picos bastante elevados no verão, e reduções bruscas no inverno. Assim, o isolamento térmico é um componente a ser considerado na construção civil, visto que pode trazer mais conforto e segurança aos beneficiados.

O EPS, possui de 3 a 6 bilhões de esferas fechadas cheias de ar por metro cúbico que o torna um material bastante leve e com excelente isolamento térmico (BANOW *et al.*, 2014). A capacidade de isolamento térmico é dada pelo coeficiente de condutibilidade térmica

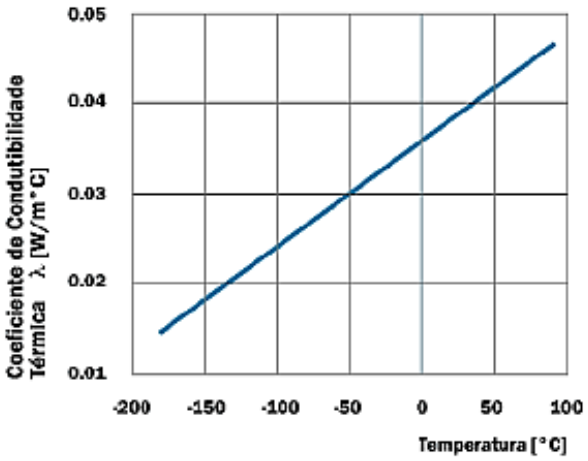
(CTT), que apresenta a quantidade de calor por metro quadrado do respectivo material. O gráfico da FIG. 7 apresenta o CTT do EPS em função da densidade, enquanto o da FIG.8 representa a oscilação deste CTT em relação à variação da temperatura.

Figura 7 – Coeficiente de condutibilidade térmica do EPS



Fonte: Tecnocell, 2021.[7]

Figura 8 – Coeficiente de condutibilidade térmica do EPS de densidade 20 kg/m^3



Fonte: Tecnocell, 2021.[7]

2.4.2 Impactos ambientais reduzidos

Incorporar práticas sustentáveis à construção civil é uma tendência crescente, já que pesquisadores, consumidores, governo e associações têm pressionado e estimulado o setor da

[7] http://www.tecnocell.com.br/eps.php?epsID=2

construção a adotar a sustentabilidade em suas atividades. Portanto, as empresas devem repensar e mudar a forma como gerenciam e produzem as obras, buscando fornecer gradualmente soluções economicamente viáveis. A Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (AsBEA) e o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) propuseram os seguintes princípios de construção sustentável: gestão sustentável da implantação da obra; adaptação as necessidades dos usuários; matérias-primas utilizadas para contribuir para a eco eficiência dos edifícios; reutilizar, reciclar e descartar de forma correta os resíduos sólidos e reduzir o consumo de água e energia (GENOL, 2021).

Segundo Camargo (2019), em meio à escassez de moradias e à crescente urgência por redução do impacto ambiental, é necessário encontrar materiais e tecnologias de construção mais eficientes e menos impactantes para o meio ambiente. Sob essa premissa, o sistema monolítico de painéis de EPS é uma solução adequada, pois além de ser um material 100% reciclável, ele também apresenta boas propriedades térmicas e acústicas.

Neste sentido, observa-se que os sistemas em EPS geram menores impactos ambientais na construção civil. Os principais benefícios ambientais associados ao seu uso são, entre outros: não libera substâncias para o meio ambiente; não possui qualquer substância tóxica ou prejudicial para a camada de ozônio; sua produção gera pouco consumo de energia; gera poucos resíduos durante a construção da edificação, tornando o ambiente de trabalho mais limpo; devido à sua baixa condutibilidade térmica, há redução no consumo de energia para refrigerar o ambiente, como ventiladores e ar condicionado; e todos os seus resíduos gerados tanto na fabricação como na execução são 100% recicláveis.

2.4.3 Sustentabilidade e economia de energia

A melhoria significativa no conforto térmico em casas construídas com sistema monolítico é garantida devido à presença do EPS, que possui uma condutividade térmica extremamente baixa. Ao eliminar pontes térmicas, o consumo de energia é reduzido consideravelmente, favorecendo estratégias para o desenvolvimento sustentável. Edifícios com elevadas eficiências energéticas podem ser construídos com uma economia considerável em comparação com os sistemas construtivos convencionais (BATISTA *et al.*, 2021).

2.5 Utilização do sistema EPS internacionalmente

Dados da Associação Europeia de EPS demonstram que a indústria EUMEPS de poliestireno expandido detém 35% do mercado de isolamento termoacústico de construções, tendo em vista o grande desempenho desse material de forma isolante e sustentável, sendo reconhecido por certificações ambientais de organizações renomeadas, como o BREEAM e LEED, que utilizam padrões como medidas avaliativas de desempenho. Estas organizações avaliam parâmetros como o uso de água e energia, bem-estar no ambiente interno, poluição, materiais e transporte para certificar e reconhecer o projeto, a construção e uso da edificação (MORAES; BRASIL, 2015).

Na Europa, o sistema de isolamento térmico externo mais conhecido como ETICS (do inglês, *External Thermal Insulation Composite System*), constituído por placas de poliestireno expandido (EPS), poliestireno extrudido (XPS) ou lã de rocha, tem sido cada vez mais utilizado e popularizado, pois apresenta vantagens no caso de edifícios com falta de isolamento térmico, infiltrações ou aspecto degradado, além da melhora de sua eficiência energética. Entretanto, ele apresenta impactos ambientais na sua produção com a utilização do poliestireno expandido ou lã mineral, os quais devem ser levados em conta no método de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) (MICHALAK, 2020).

De acordo com o *Building Research Establishment*, órgão britânico que estabelece classificações ambientais dos materiais de acordo com seu ciclo de vida, o EPS se enquadra na categoria A+, recebendo a nota mais alta, se destacando em relação ao seu desempenho de isolamento térmico e acústico, com essa classificação variando de A+ (mais alta) e E (mais baixa), conforme se verifica no QUADRO 3.

Quadro 3 – Classificação dos materiais em relação ao desempenho térmico e acústico.

Material de isolamento [kg/m³]	**Classificação**
Lã de vidro soprada por cavidades – densidades de 17 e 30	A +
Vidro de espuma – densidades 105 e 120	C e D
Isolamento de placas de papelão – densidade de 120	A
Isolamento de celulose reciclada soprada a seco – densidade de 24	A +
Poliestireno expandido – densidades de 15, 20, 25 e 30	A +
Poliestireno extrudado (XPS) – densidade de 35	E
Isolamento de lã de vidro – densidades de 10, 12, 24, 32 e 48	A +

Fonte: BREEAM, 2009. Adaptado pelos autores.

Segundo a Associação Brasileira de Poliestireno Expandido (ABRAPEX, 2021), a produção mundial de materiais em EPS é de 2,95 milhões de toneladas, sendo a Europa a maior produtora e consumidora desse material, representando 40% dessa fatia, pelas suas diversas áreas de atuação, sendo na construção civil sua principal fonte de uso.

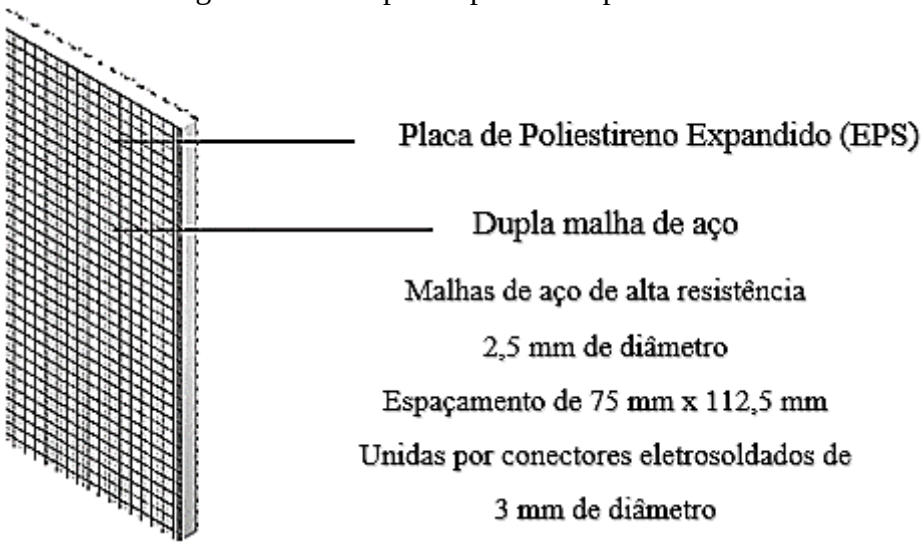
2.6 Tipos de painel em EPS

De acordo com as necessidades e variações de uso do EPS para cada caso, é possível se definir um tipo de painel, sendo suas dimensões mutáveis de acordo com cada projeto arquitetônico. As tipologias mais usuais são: simples, duplo, paredes de divisórias, piso, especiais (estrutural e isolante), escadas e autoportantes.

2.6.1 Painel simples

O painel simples é usualmente aplicado quando já se tem paredes construídas, sejam elas internas ou externas. Ele serve para garantir um maior conforto e bem-estar à edificação, reestabelecendo as condições termoacústicas ao imóvel (COSTA, 2019). A FIG. 9 apresenta o esquema de um painel simples em EPS.

Figura 9 – Exemplo de painel simples em EPS



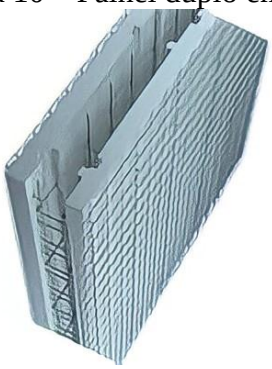
Fonte: Monolite Brasil, 2021.[8]

[8] monolitebrasil.com.br/

2.6.2 Painel duplo

O painel duplo é constituído pela junção de dois painéis base, dispostos paralelamente, unidos por conectores transversais, que mantém o espaçamento necessário para que seja preenchido de concreto, considerando sua necessidade estrutural exigida para tal aplicação (ROSA, 2021). Esse modelo, exemplificado na FIG. 10, é indicado para piscinas e contenções.

Figura 10 – Painel duplo em EPS



Fonte: INTECO, 2021.[9]

2.6.3 Painel parede divisória

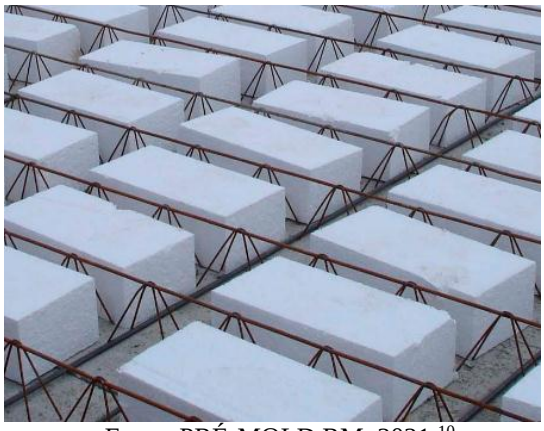
Este tipo de painel é constituído por uma estrutura autoportante, revestida por argamassa nas duas faces, podendo ser utilizado em fachadas interiores e exteriores. É indicado para edifícios com quatro pisos ou menos, sendo que em alguns locais é utilizado como divisória, instalado em obras ou construções antigas, podendo também ser utilizado para fechar grandes vãos, características comuns de edifício comercial (SILVA *et al.*, 2021).

2.6.4 Painel piso

O painel piso (FIG. 11) é ideal para ser aplicado na execução de pisos de entre lajes, podendo ter armaduras unidimensionais ou bidimensionais, sendo forjado de maneira que permita adicionar mais barras o que faz com que a área de aço seja aumentada, em espaços preparados para canaletas que receberam o concreto (COSTA, 2019).

[9] stefaninagroup.com/inteco/paineis.asp

Figura 11 – Exemplo de painel piso em EPS



Fonte: PRÉ-MOLD RM, 2021.[10]

2.6.5 Painel especial – estrutural e isolante

O painel especial estrutural é reforçado por armadura dupla de aço visando atender às necessidades específicas das obras. O painel especial isolante (FIG. 12), por sua vez, é um material cuja composição traz aspectos de outros materiais que contribuam consideravelmente para que sua capacidade termoisolante seja aumentada. Normalmente, os materiais acrescentados são: lã de rocha e cortiças (MOURA; SANTOS, 2019).

Figura 12– Exemplo de painel especial isolante

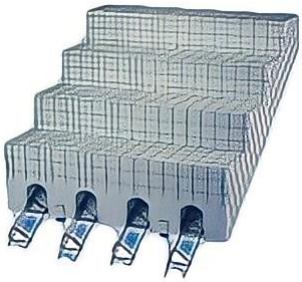
Fonte: INTECO, 2021.[11]

[10] premoldrm.com.br/laje-painel-trelicado-eps
[11] stefaninagroup.com/inteco/paineis.asp

2.6.6 Painel tipo escada

O painel escada é aquele que diminui a complexidade da execução de escadas e permite que seja todo executado com o mesmo material dos demais elementos que compõem a estrutura, mas não exclui a necessidade de ser dimensionada e que seja descrita em planta (BARRETO, 2017). A FIG. 13 apresenta um exemplo deste tipo de painel.

Figura 13 – Exemplo de painel escada



Fonte: INTECO, 2021.[11]

2.6.7 Painel autoportante

O painel autoportante consiste em um núcleo composto por uma placa de poliestireno expandido de 55 mm de espessura, imprensada entre duas camadas de malhas de telas de aço eletrosoldadas, conectadas entre si por passadores soldados e revestidos com argamassa projetada, totalizando uma estrutura monolítica autoportante de 100 mm de espessura. Dependendo da necessidade do projeto, como em obras de dois ou mais andares, esses painéis podem ser produzidos com espessuras de até 110 mm (MOURA; SANTOS, 2019). Um exemplo deste painel foi apresentado na FIG. 4a.

No estudo de Moura e Santos (2019), observou-se que a montagem desses painéis não é complexa, porém exigem cuidados além dos normativos. A argamassa que será projetada precisa ser confeccionada em betoneira, seguindo as seguintes recomendações: traço areia-cimento 3,5:1; 50 kg de cimento; 159 kg de areia média seca; 100 g de filamentos de fibras de polipropileno com um comprimento de 30 mm. A primeira projeção da argamassa é feita em ambos os lados do painel, e logo após a fixação das esquadrias e caixilhos, a projeção é repetida, ao mesmo tempo que o acabamento é moldado com desempenadeira e feltro.

2.6.8 Canaletas em EPS

As canaletas em EPS, exemplificadas na FIG. 14, são utilizadas como formas para a criação de vigas baldrames. Suas vantagens se dão pelo fato de que dispensam a parte de carpintaria, mão de obra, produtos de impermeabilização, pregos e madeiras. Já que as canaletas já são impermeáveis, fazendo com que o custo seja consideravelmente reduzido no fim da obra. Essas canaletas são feitas sob medidas para atender às dimensões solicitadas no projeto (ISORECORT, 2021).

Figura 14 – Utilização de canaletas em EPS

Fonte: Isorecort, 2021.[12]

2.7 Transporte e armazenamento dos painéis em EPS

2.7.1 Transporte

A densidade e o tamanho influenciam na realização da logística do material. Deve-se ter uma certa atenção ao transporte destes materiais em EPS com revestimento, já que devido ao movimento do caminhão, as placas podem ser danificadas ao contato com outros materiais, prejudicando a parte estética do produto. Como a resistência destes blocos é mais elevada, faz com que não haja necessidade de uma proteção mais complexa durante a viagem. O formato das placas também ajuda na organização do transporte (VELOSO, 2021).

Ainda segundo Veloso (2021) o transporte deve ser feito através de veículos fechados, como caminhões baú por exemplo. Quando a entrega chega ao local da obra, a descarga dos materiais deve ser realizada por meio de dois operários, que por sua vez devem colocá-los ao chão de forma cuidadosa, afim de evitar avarias. Há a recomendação de não estocar por longos períodos no canteiro de obras, por 10 dias ou mais, visto que pode ocorrer interferências em suas propriedades técnicas (REZENDE, 2021).

[12] isorecort.com.br/segmentos-de-atuacao/construcao-civil/canaleta-em-eps-isobaldrame/

O ideal é que os blocos de EPS cheguem ao destino o mais próximo possível da utilização dos mesmos para garantir uma melhor qualidade do produto. O prazo indicado para a entrega dos blocos no canteiro de obras é por volta de dois dias antes de serem utilizados. Além de garantir a qualidade do produto, uma boa gestão do prazo otimiza também o uso de espaço na obra, visto que estas placas ocupam bastante espaço enquanto armazenadas.

2.7.2 Armazenamento

Para a prevenção de problemas na qualidade final dos blocos em EPS, seu bom armazenamento no canteiro de obras é de grande importância, já que quando em contato com sol ou chuva por longos períodos pode danificar o mesmo. Por isso, o armazenamento destes materiais em ambientes fechados é essencial, pois o contato das placas com os raios ultravioletas emitidos pelo Sol podem degradar o material. O bloco quando exposto a esses raios adquiri uma tonalidade mais amarelada (PRATES, 2021).

O contato com solventes orgânicos, como gasolina, acetona, querosene, e elementos à base de óleos, podem contaminar os blocos e impossibilitar sua reciclagem, por isso seu contato deve ser evitado. Caso o armazenamento dos blocos seja feito por mais de dois dias, deve-se proteger o material com uma lona, cobrindo-o por completo. Os cuidados também variam de acordo com o tamanho do canteiro de obras, visto que um grande volume de blocos pode dificultar na proteção com lonas, por isso a data de entrega é de grande importância (VELOSO, 2021).

O empilhamento deste material não apresenta restrições devido ao seu peso ser bastante leve e o contato entre as peças não causa danos. Porém, a altura máxima deve respeitar as normas de segurança do trabalho, no qual também é informado a forma correta de manuseio dos blocos e os equipamentos de proteção individual (EPI) necessários (VELOSO, 2021). A FIG. 15 apresenta alguns destes painéis empilhados corretamente.

Figura 15 – Empilhamento de painéis de EPS

Fonte: Habitissimo, 2021.[13]

2.8 Uso do EPS como aterro ultraleve em solos moles

O método construtivo mais adequado de ser utilizado está associado a vários fatores, como as características geotécnicas dos depósitos, os prazos e custos da obra e a área utilizada (SANTOS *et al*., 2018). Há também recomendações de comparar as alternativas disponíveis para os solos moles, como colunas de brita, aterro estruturado, dreno vertical, dentre outros, além de analisar a área do aterro e a profundidade atual e também o histórico do lençol freático na região. A camada de EPS deve ficar acima do nível do lençol freático, pois pode ocorrer a subpressão (pressão negativa ascendente comum quando a estrutura se encontra abaixo do nível d'agua) (LIMA, 2019).

O EPS a ser utilizado no aterro sobre solos moles tem seu formato em blocos, como mostra a FIG. 16, e suas dimensões devem ser determinadas em projeto.

Figura 16 – Empilhamento de blocos de EPS

Fonte: Ranieriguedes, 2015[14]

[13] fotos.habitissimo.com.br/foto/estoque-painel-eps-isopor_340517
[14] ranieriguedes.blogspot.com/2015/10/tecnica-de-aterro-ultraleve-reduz-tempo.html

A utilização do EPS como aterro ultraleve vem trazendo resultados satisfatórios, por apresentar várias vantagens que são bem similares às já vistas em outros tópicos, como redução no tempo de execução da obra, diminuição do custo total, material de fácil transporte e manuseio e redução nos impactos ambientais (GONZAGA *et al.*, 2020).

2.9 Reaproveitamento do poliestireno expandido

Com o passar dos últimos anos, notou-se a crescente importância de que sejam feitos maiores investimentos tecnologias que visem amenizar os impactos ambientais causados pela alta produção e consumo de materiais não biodegradáveis. Sendo assim, são necessárias as buscas por soluções tecnológicas mais sustentáveis além de se aplicar conceitos da reciclagem e da reutilização dos resíduos gerados, para aproveitar melhor o insumo e evitar a geração de mais produtos (DA SILVA *et al.*, 2021).

No contexto dos sistemas monolíticos em poliestireno expandido, destaca-se a viabilidade do reaproveitamento de materiais, uma vez que o EPS é utilizado em larga escala em diversos setores. De acordo com Alves Jr *et al.*, (2014), apenas 2% da população brasileira sabe que o EPS pode ser reaproveitado ou reciclado. Segundo a Associação Brasileira de Poliestireno Expandido (ABRAPEX, 2021), em 2007 foram produzidas 55 mil toneladas de EPS e outras 2 mil toneladas foram importadas, entretanto apenas 5 mil toneladas foram recicladas.

O poliestireno expandido é um material 100% reciclável, o que contribui para que seus resíduos sejam reaproveitados da melhor forma, evitando assim o mal uso dos mesmos e a diminuição dos impactos ambientais, os gastos associados à sua reciclagem podem ser reduzidos, devido a eliminação de etapas iniciais da fabricação de sua matéria-prima (SOUZA; ASSIS, 2014).

Segundo Silva (2010), resíduos provenientes da construção civil, são responsáveis por grande parte dos impactos ambientais, por serem descartados de forma errônea e clandestina em terrenos baldios, aterros e até mesmo em áreas públicas. Da mesma forma, o EPS não reciclado acaba sendo destinado aos aterros sanitários e, devido à sua baixa massa específica, reduzem rapidamente a capacidade de armazenamento de resíduos dos aterros.

No estudo de Souza e Assis (2014), observou-se que as práticas relacionadas ao descarte de resíduos de forma errônea, tem sido reduzida, devido a medidas tomadas provenientes do avanço nas políticas de gerenciamento de resíduos sólidos e com a criação da resolução n° 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, no qual estabelece critérios e

comportamentos para a gestão dos mesmos. Sendo eles classificados em quatro diferentes classes, conforme mostrado no QUADRO 4.

Quadro 4 – Classes residuais

Resíduos	**Classe**
Reutilizáveis ou recicláveis como agregados (Azulejos, tijolos, etc.)	A
Recicláveis para outras destinações (plásticos, papel, etc.)	B
Sem tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam sua reciclagem/recuperação (gessos e outros.)	C
Perigosos ou contaminados (Tintas, solventes, instalações industriais, etc.)	D

Fonte: CONAMA, 2003. Adaptado pelos autores.

A NBR 10004 (ABNT, 2004) divide a classificação dos resíduos sólidos em dois grupos: Classe I, perigosos, e Classe II, não perigosos, podendo ser subdivididas em não inertes e inertes, como demonstrado no QUADRO 5.

Quadro 5 – Classificação dos resíduos sólidos

Classe dos Resíduos	**Estado**	**Descrição**
Classe I	Perigosos	Resíduos que apresentam periculosidade (riscos à saúde e ao meio ambiente), inflamabilidade (caracterizado como inflamável), corrosividade, reatividade, toxidade e patogenicidade caracterizado como patogênico).
Classe II	Não perigosos	Resíduos de madeira, materiais têxteis, minerais não metálicos, entre outros.
Classe II A	Não inertes	Resíduos que não se enquadram nas Classes I e II. Apresentam propriedades como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.
Classe II B	Inertes	Resíduos que não tiveram nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Fonte: NBR 10004 (ABNT, 2004). Adaptado pelos autores.

Nos últimos anos, problemas relacionados à gestão de resíduos tornaram-se muito relevantes no modelo de desenvolvimento sustentável. A indústria da construção civil é uma das atividades com maior consumo de matérias-primas juntamente com sua grande produção de resíduos. A ampla utilização de materiais plásticos, especialmente o poliestireno

expandido, requer novas abordagens para a otimização de seus processos de produção e redução de subprodutos, causando um baixo impacto ambiental (PETRELLA; DI MUNDO, 2020).

Ainda segundo Petrella e Di Mundo (2020), foi possível observar a importância das operações de reciclagem para aumentar a sustentabilidade de um material que é convertido em um novo recurso, a chamada matéria-prima secundária. Para esse propósito, o EPS é um material completamente reciclável e amplamente utilizado de diversas formas no setor industrial, como na fabricação de argamassas, rodapés, *decks* de piscinas, solas de sapatos, entre outros, devido às suas características de desempenho, versatilidade e custo-benefício.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o passar dos anos, o avanço da urbanização e da tecnologia fez com que as buscas por construções sustentáveis, rápidas e eficientes crescessem cada vez mais, levando profissionais da construção civil a se adaptarem e a buscarem alternativas mais viáveis e modernas. Porém, há de se perceber que essa indústria ainda tem muito a amadurecer, já que ainda existe certo receio na escolha de novos métodos construtivos, tornando majoritário o uso de métodos tradicionais de alvenaria.

Nesse sentido, o poliestireno expandido (EPS) pode ser considerado como material de construção alternativo que atende as demandas mais atuais.

Neste trabalho, foi possível determinar as vantagens do EPS em diversos ramos da construção civil em relação ao processo de produção, flexibilidade e sustentabilidade da construção. Porém, verifica-se que a maior demanda por esse material tem sido por conta das suas características termoacústicas.

O Sistema Monolítico em EPS se mostrou bastante satisfatório nos quesitos supracitados, provando ser uma alternativa sustentável, com vários benefícios em quase todos os pontos de observação quando comparado ao método de alvenaria em blocos cerâmicos ou de concreto, podendo assim o substituir sem prejuízos. Dentre estas melhorias, as mais notáveis são: conforto termoacústico, maior absorção de impactos, facilidade de manuseio do material, material 100% reciclável e que não gera resíduos poluentes, reduzindo o impacto ambiental através da redução causado pelo uso de materiais como concreto e aço, facilidade de transporte, diminuição considerável no tempo de execução da obra, além de apresentar uma excelente resistividade térmica e diminuição considerável no peso total da construção.

Pode-se concluir, portanto, que este sistema ainda tem muito a ser explorado, mas que já traz melhorias significativas para o mercado da construção civil. Espera-se que tanto o sistema monolítico em EPS quanto novos métodos ganhem seu espaço no mercado, conquistando a confiança do meio técnico e da sociedade em geral.

REFERÊNCIAS

ALVES JR, C. A. *et al*. **Reaproveitamento Do Poliestireno Expandido: Comprovação Da Sustentabilidade Do Emprego De Resíduos De EPS**. 2014

ALVES, J. P. O. **Sistema Construtivo Em Painéis De EPS**. Brasília, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14040**. Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**. Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO POLIESTIRENO EXPANDIDO. **O EPS na Construção Civil: Características do poliestireno expandido para utilização em edificações**. São Paulo, 2021.

BANOW, M. C.; LOVATTO, C. G.; TEIXEIRA, O. S. **Análise da cadeia de suprimentos de EPS na construção civil - Alvenaria de painéis com placas de isopor**. 2014.

BARRETO, M. N. **Casa EPS: edifício residencial em painéis monolíticos de poliestireno expandido**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2017.

BERTOLDI, R. H. *et al*. **Caracterização de sistema construtivo com vedações constituídas por argamassa projetada revestindo núcleo composto de poliestireno expandido e telas de aço: dois estudos de caso em Florianópolis**. 2007.

BRAGANÇA, L.; MATEUS, R. **Sustentabilidade de Soluções Construtivas**. 2006.

BUENO, C.; ROSSIGNOLO, J. A. **Desempenho ambiental de edificações: cenário atual e perspectivas dos sistemas de certificação**. Minerva, v. 7, n. 1, p. 45-52, 2010.

CAMARGO, G. M. *et al*. **Análise de viabilidade de implementação da vedação com painéis monolíticos de EPS como substituto à alvenaria convencional na cidade de Dourados-MS**. 2019.

COSTA, L. F. T. *et al*. **Casa de eps: análise do uso dos painéis monolíticos de poliestireno expandido em construções residenciais**. 2019.

DA SILVA, I. L. *et al*. **Construção e gerenciamento de projetos utilizando a plataforma BIM: A metodologia BIM e suas tecnologias na construção civil. Tópicos em construção civil: Tecnologia, inovação e metodologias aplicadas**, p. 47. 2021.

DOCUMENTO, D. **Tecnologias para construção habitacional mais sustentável Habitação mais Sustentável**. São Paulo 2007.

ERLANDSSON, M.; BORG, M. **Generic LCA-methodology applicable for buildings, constructions and operation services—today practice and development needs**. **Building and environment**, v. 38, n. 7, p. 919-938, 2003.

GENOL, K. A. **Construção com painéis monolíticos de EPS autoportante para residências**. 2021.
GONZAGA, G. B. M; GALDINO, L. R. N.; MARQUES, R. F. **A Utilização Do EPS Como Aterro Ultraleve-Técnica Aplicada À Obras De Aterros Sobre Solos Moles**. Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas -UNIT - SERGIPE, v. 6, n. 2, p. 119, 2020.

GOULART, L. B.; JUNIOR, G. C. S. **Sistema Construtivo Monolítico Em EPS. In: Anais Colóquio Estadual de Pesquisa Multidisciplinar (ISSN-2527-2500) & Congresso Nacional de Pesquisa Multidisciplinar**. 2018.

ISORECORT. Canaleta em EPS ISOBaldrame®. Disponível em: https://www.isorecort.com.br/segmentos-de-atuacao/construcao-civil/canaleta-em-eps-isobaldrame/. Acesso em: 22 de outubro de 2021.

JÚNIOR, Afonso Frazão Barbosa, *et al*. **Conceitos e aplicações de Análise do Ciclo Vida (ACV) no Brasil**. Revista Ibero Americana de Estratégia, v. 7, n. 1, p. 39-44, 2008.

KRÜGER, Paulo Gustavo von. **Análise de painéis de vedação nas edificações em estrutura metálica**. 2000.

LIMA, S. F. *et al*. **Um Estudo Sobre A Utilização De Eps Para Aterro Sobre Solos Moles. Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas – UNIT - ALAGOAS**, v. 5, n. 2, p. 329, 2019.

LUCAS, V. S. **Construção sustentável-sistema de avaliação e certificação**. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências e Tecnologia. 2011.

MICHALAK, Jacek, *et al*. **Environmental burdens of external thermal insulation systems. expanded polystyrene vs. mineral wool: Case study from Poland. Sustainability**, v. 12, n. 11, p. 4532, 2020.

MORAES, C.; BRASIL, P. C. **Estudo da Viabilidade do Poliestireno Expandido (EPS) na produção de edificações com baixo impacto ambiental**. Eficiência Energética do Ambiente Construído, v. 4, 2015.

MOURA, João Vítor Souza; SANTOS, Marco Túlio Ferreira. **A Utilização do Poliestireno Expandido (EPS) na Construção Civil**. 2019.

NOVAIS, Jonathan Willian Zangeski *et al*. **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, v. 13, n. 1, 2014.

PETRELLA, A.; DI MUNDO, R.; NOTARNICOLA, M. **Recycled expanded polystyrene as lightweight aggregate for environmentally sustainable cement conglomerates**. Materials, v. 13, n. 4, p. 988, 2020.

REIS, D. C. **Gestão de projectos no âmbito da construção sustentável**. Tese de Doutorado. Instituto Politécnico do Porto. Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2011.

RESOLUÇÃO 307 CONAMA. **Resíduos da Construção Civil - Lei Federal GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL**, 2003.

ROSA, J. C. *et al*. **Descrição do processo construtivo de residências utilizando painéis autoportantes de EPS**. 2021.

SILVA, C. J.; GUIMARÃES, L. R. R.; VAZ, Y. M. C. **Abordagem Teórica Sobre Construções com Poliestireno Expandido (EPS)**. 2021.

SILVA, F. H. **Demonstração do sistema construtivo em painéis monolíticos de EPS**. 2018.

SILVA L. R. A. D. **Utilização do entulho como agregado para a produção de concreto reciclado**. Universidade Federal Fluminense, 2010.

SILVA, V. G - **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica**. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SIQUEIRA, T. E. **Análise de desempenho e custos de sistema de vedação em EPS**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

SOUZA, A. C. A. G. *et al*. **Análise comparativa de custos de alternativas tecnológicas para construção de habitações populares**. 2009.

SOUZA, L. M.; ASSIS, C. D. **Placas para alvenaria de vedação com uso de espuma de poliestireno expandido (EPS)**. 2014.

VELOSO, V.; PRATES, A. P. S.; REZENDE, R. **Bloco de EPS tem fácil transporte e demanda poucos cuidados na obra - Grupo Isorecort**. Disponível em: https://www.aecweb.com.br/especiais/grupoisorecort/materia/bloco-de-eps-tem-facil-transporte-e-demanda-poucos-cuidados-na-obra/18005. Acesso em: 24 de outubro de 2021.

WAYCARBON. **Análise de Ciclo de Vida (ACV): entenda o impacto de um produto**. Disponível em: https://blog.waycarbon.com/2015/07/analise-de-ciclo-de-vida-entenda-o-impacto-de-um-produto/. Acesso em: 01 de outubro de 2021.