

Carlos Alberto Farias Bleidão
UNISUAM

Helber Pereira Taboza
UNISUAM

Rachel Cristina Santos Pires
UNISUAM

RESUMO

O presente artigo propõe a substituição dos aterros convencionas sobre os solos moles que possuem uma grande preocupação na Construção Civil. Uma solução que já vem sendo aplicada no exterior, e vem ganhando seu espaço no cenário nacional é a aplicação de EPS (poliestireno expandido ou ISOPOR) como solo estrutural. Por possui um baixo peso específico, a construção de aterros com a utilização do isopor diminui completamente os recalques diferenciais, além de garantir leveza e segurança à estrutura. Diante desse cenário, a pesquisa apresenta estudos e propõe mudanças de estratégias que buscam contribuir para a eficiência na construção do aterro para rodovias, renovando o modo da construção de novas rodovias, garantindo a eficácia no funcionamento das estradas brasileira e aponta as atenções necessárias para a utilização do método. Através dos dados apresentados foi possível verificar que, desde que a utilização do método seja apropriada, a nova técnica para rodovias é vantajosa em vários aspectos em comparação a metodologia tradicional.

Palavras-Chave: Aterro ultraleve; Poliestireno expandido; Isopor.

INTRODUÇÃO

Atualmente o território brasileiro possui 1,7 milhão de quilômetros de estradas federais, onde se verificam problemas como buracos e falta de sinalização, que são os principais causadores de acidentes de trânsito. Segundo dados de 2017 do Indicador de Qualidade das Rodovias Federais, 30% das estradas federais são ruins ou péssimas. A falta de planejamento e de manutenção provocam desperdício de tempo e dinheiro no processo de construção de estradas (ICM, 2017).

Os solos moles que são uma realidade preocupante nas construções de rodovia, pois precisam, regularmente, de preparos específicos para receberem o asfalto visto que podem acarretar sérios problemas como recalques diferenciais elevados e até ruptura de um plano causada por sua baixa resistência ao cisalhamento, elevada compressibilidade e baixa

resistência mecânica que suportam apenas pequenos carregamentos, motivos que atrapalham a durabilidade da estrutura. No decorrer do procedimento da construção das rodovias são usados métodos como o uso de aterro estaqueado, geodrenos, mudança parcial ou total dos solos compressíveis e drenagem vertical com sobrecargas temporárias para resolver estes tipos de problemas.

Diante desse cenário, surge uma nova técnica denominada como Aterro Ultraleve de Isopor que visa minimizar e reduzir por completo os problemas devido ao solo mole presente nas rodovias. Além de inédito, esse método construtivo surge como uma alternativa econômica e prática no meio rodoviário, já que o isopor possui uma característica mecânica mais eficiente e um peso menor em comparação aos aterros convencionais.

O método usado para obter o respectivo estudo, foi por meio de coleta de dados através de referências bibliográfica, publicações, teses e artigos científicos, revista e sites relacionado ao Poliestireno Expansível – EPS com o intuito de abranger o conhecimento sobre a técnica de aterros ultraleve sobre os solos moles na construção de rodovias.

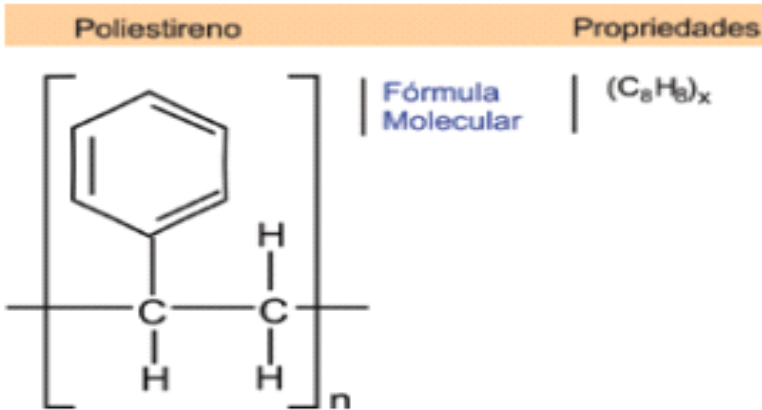
O objetivo dessa pesquisa é buscar ampliar e acrescentar conhecimentos sobre o Aterro Ultraleve de Isopor que apesar das vantagens apresentadas pelo método, a tecnologia ainda é pouco divulgada no país. A carência de métodos construtivos, experiência de campo e conteúdos científicos fazem com que esta técnica seja pouco utilizada na construção de rodovias brasileiras. Este motivo foi um dos cruciais para o desenvolvimento desta pesquisa.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Poliestireno Expandido (EPS)

Antes de conhecer o método do aterro ultraleve, será apresentado o principal material utilizado nesse processo que é o poliestireno expandido que foi descoberto em 1949 pelos químicos Fritz Stastny e Karl Buchholz, quando trabalhavam nos laboratórios da Basf, na Alemanha, popularmente conhecido no Brasil como isopor (marca comercial registrada da Knauf Isopor LTDA). O Poliestireno Expandido - EPS (sigla universal padronizada pela ISO 1043/78) é um termoplástico formado a partir de derivados de petróleo, composto basicamente de 2% de poliestireno (carbono e hidrogênio) e 98% de vazios contendo ar, com estrutura molecular ilustrado na figura 01 (ABRAPEX, 2015).

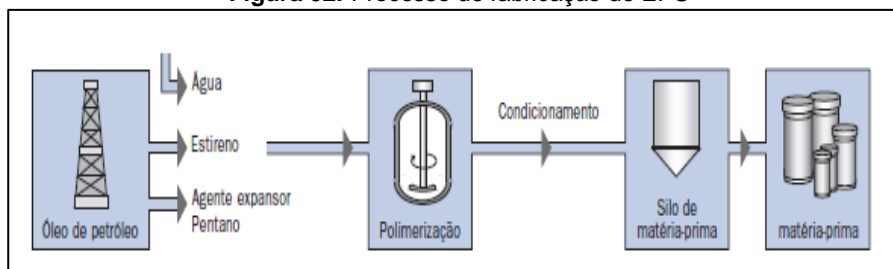
Figura 01: Fórmula molecular do poliestireno



Fonte: MONTEIRO, et al. (2016)

O processo de fabricação do EPS consiste, na adição do gás pentano (agente expensor) ao composto químico estireno na presença de vapor d'água como ilustrado na figura 02. Esse polímero se transforma em uma emulsão que sofre uma expansão de 50 vezes o volume inicial e se desagrega em grânulos ou pérolas de poliestireno com diâmetro de até 3,0 milímetros, depois é levado para o pré-expansor onde começa a ganhar volume e, conseqüentemente, reduz a densidade. O gás que está no interior das esferas começa a evaporar devido à alta temperatura que chega aproximadamente a 90°C e fazem com que elas ganhem volume cada vez mais, em seguida ele é conduzido para outro setor através de um tubo de plástico onde é submetida a mais um processo de expansão, logo após, o EPS é transferido para o Cillus que descarrega a energia estática nas suas linhas metálicas. Por fim o EPS é conduzido até os moldes responsável por fazerem se fundir superficialmente obtendo os blocos no formato retangulares e posteriormente cortados em diversos formatos e tamanhos. Durante o processo de fabricação é possível definir sua densidade que varia de até 16 kg/m³ a mais de 32 kg/m³ que influencia na maioria de suas propriedades, oferecendo o nível ideal de estabilidade para quaisquer aplicações (MANUAL DO MUNDO, 2017).

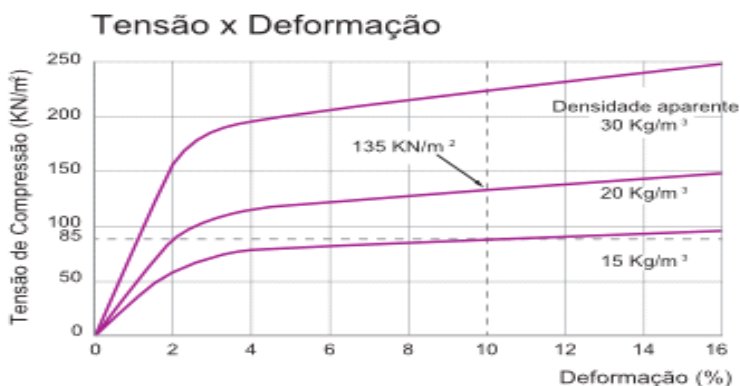
Figura 02: Processo de fabricação do EPS



Fonte: GROTE & SILVEIRA (2010)

É possível dizer que no imaginário popular, o poliestireno expandido (EPS), nome técnico do isopor, serve supostamente para aplicações cotidianas, tais como no uso de embalagens ou simplesmente trabalhos escolares. Entretanto, sua aplicação na construção civil já se consolidou devido as suas diversas vantagens, como o seu baixo custo no mercado em relação aos outros materiais utilizados na construção civil, apresentando alta resistência mecânica, além de distribuir as cargas atuantes por meio do processo de deformação, dissipando assim as tensões concentradas conforme demonstrado no gráfico 01.

Gráfico 01: Gráfico demonstrativo de resistência a tensão e deformação do EPS



Fonte: KNAUF (2018)

O EPS é considerado um material leve pois possui uma massa específica de $1,04 \text{ g/cm}^3$, uma vez que é um material 100% reciclável, o processo de fabricação em relação aos gases na atmosfera é reduzido, não emitindo CFC ou HCFC, não causando danos à camada de ozônio e não formam gás metano, causador do efeito estufa, além de ser um material inerte e estável (não sofre mutações), conseqüentemente não prejudica o ar, o solo e os lençóis freáticos, inclusive apresenta uma grande resistência ao

envelhecimento e a umidade, tendo uma vida útil de aproximadamente 500 anos (KANAUF, 2018).

Geomembrana Pead

Outro material de grande destaque do método aterro ultraleve é a geomembrana de polietileno de alta densidade (PEAD) que é um polímero termoplástico semicristalino, constituído por macromoléculas que são geradas através do processo de polimerização de compostos que contém uma adesão não saturada entre dois átomos de carbono (ERCOLINI & LAVOIE, 2019).

A geomembrana de PEAD são geossintéticos bastante utilizada em obras geotécnicas que podem exercer diversas funções e inclusive simultaneamente, tais como em sistemas de impermeabilização com a função de barrar fluxos em obras ambientais, de saneamento, hídricas e em barragens de rejeito de minérios, por sua vez também ganha espaço no método aterro ultraleve pela sua facilidade de instalação, por ser uma solução menos impactante ao meio ambiente e de grande importância para o processo de impermeabilização que possibilita uma maior proteção e preservação aos blocos de EPS reduzindo a entrada de líquido, gases e produtos químicos derramados pelo tráfego que infiltre pelo pavimento e atinjam o isopor, uma vez que ele é destruído quando em contato com alguns produtos derivado do petróleo (NASCIMENTO, 2009).

A geomembrana de PEAD está presente na preparação da superfície a ser coberta de acordo com o projeto, sua instalação é feita somente no local da obra devendo ser feitas ancoragens temporárias com sacos de areia para evitar que se desloquem com o vento até a soldagem da manta. São fornecidas nas espessuras que variam entre 0,5 a 5,0 mm e contendo uma alta resistência mecânica e proteção contra os raios ultravioleta (COLOMANETTI, 2006).

A figura 3 mostra a utilização da geomembrana de polietileno de alta densidade para a proteção dos EPS

Figura 03: Blocos de EPS revestido por geomembrana



Fonte: GEOSYNTHETICA (2016)

Aterro Ultraleve

Nos últimos dez anos a tecnologia teve uma grande evolução. A velocidade da informação e a facilidade de acessá-la em qualquer lugar do planeta, tem acelerado os processos de conhecimento e o uso de novas tecnologias. Há alguns anos, os noruegueses desenvolveram uma nova técnica denominada de Aterro Ultraleve que visa a construção de estradas sobre solos de baixa resistência, com a finalidade de evitar problemas como recalques e atrasos no prazo de entrega.

O novo método tem acelerado a construção de estradas brasileiras e funciona de forma semelhante a um-lego gigante, como ilustrado na figura 03, onde são empilhados grandes blocos de poliestireno expandido servindo como escora estrutural que devido a sua altura dissipa as cargas que são geradas pelo tráfego de veículos leves e pesados das rodovias, diminui o recalque, preservando a camada superficial da pista.

A técnica apresenta diversas vantagens, tais como na redução do tempo da execução em até mais de 50%, devido ao baixo peso dos blocos de EPS com cerca de 23kg/m^3 enquanto o material do aterro convencional que tem de 1500 a 1600kg/m^3 . Portanto, observa-se que a carga do isopor exercida sobre o solo mole é muito pequena em relação a carga do aterro convencional, tornando-se viável a sua aplicação sobre os solos de baixa resistência. O peso também interfere na execução de montagem que dispensa o uso de maquinários pesados, tais como escavadeiras, caminhões e compactador de solo, fazendo com que a obra se torne mais prática pois o trabalho é realizado de forma manual (RANIERI, 2015).

Figura 03: Camadas do aterro ultraleve



Fonte: ODEBRECHT (2013)

Outro benefício é a redução do custo da obra em cerca de 30% em comparação ao método convencional em decorrência do baixo preço dos materiais, redução do tempo da execução da obra, a dispensa de maquinários e a quantidade de mão de obra necessária para realização da construção devido ao seu peso como citado anteriormente, além de atenuar

o impacto no meio ambiente pois não é necessário a realocação do solo mole existente no local da obra. O EPS é considerado 100% reciclável permitindo o reaproveitamento para a fabricação de novos blocos de poliestireno expandido e não apresentar risco de contaminação para o meio ambiente, tanto na sua aplicação, quanto na fabricação dos blocos de isopor (ODEBRECHT, 2013).

A única restrição para a aplicação da técnica do aterro ultraleve, é a presença da subpressão causada por lençol freático. Por isso, devem ser executadas sondagens para averiguação do nível do lençol freático para o descarte da possibilidade de ocorrência desse efeito.

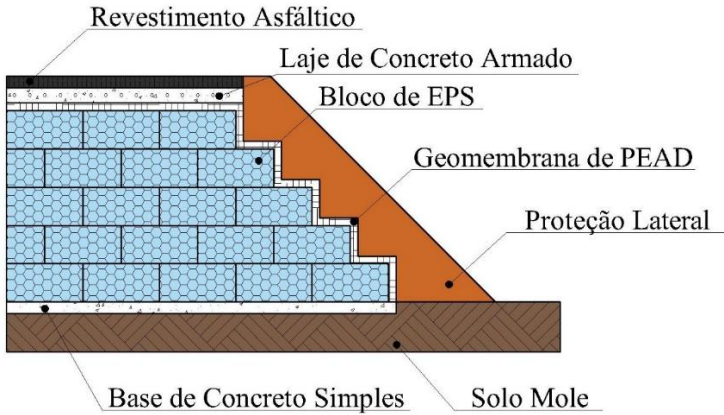
Processo De Execução

O processo da construção do método do aterro ultraleve consiste em apenas sete etapas bastante simples e práticas, mas que se deve tomar as suas devidas cautelas para que a obra seja concluída com o sucesso (GEOSYNTHETICA, 2016).

- Primeira etapa: Construção de uma base de concreto simples sobre o solo existente no local com espessura de aproximadamente de dez milímetro para proteção e preservação dos blocos de EPS;
- Segunda etapa: Colocação e o encaixe dos blocos de EPS com dimensão de quatro metros de comprimentos, um metro e cinquenta centímetros de largura e cinquenta centímetros de altura, de aproximadamente vinte e três quilograma por metros cúbicos e o empilhamento é de acordo com a cota de altura de cada projeto;
- Terceira etapa: Colocação de tubos drenos envolvidos por um geotêxtil não-tecido a cada duas camadas de blocos para facilitar a drenagem dos taludes e evitar empuxos indesejados ao EPS;
- Quarta etapa: Revestimento dos blocos por Geomembrana de PEAD de 1,0 mm de espessura para garantir a proteção e a durabilidade necessária para os blocos de EPS;
- Quinta etapa: Proteção lateral dos blocos que é formada basicamente por três camadas. A primeira camada é o solo de cimento (6% de cimento), a segunda camada é uma tela metálica e a terceira e última é uma camada de concreto projetado com vinte e cinco Mega Pascal;
- Sexta etapa: Construção de uma de uma laje de concreto armado sobre a Geomembrana de PEAD que faz com que as tensões impostas pelo tráfego cheguem ao EPS em níveis compatíveis com sua resistência, além de proteger contra punção e contra os ataques químicos de produtos derivado do petróleo;
- Sétima etapa: Revestimento asfáltico que é realizado por concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ).

A figura 04 ilustra uma secção típica do método construtivo da técnica sobre solos moles.

Figura 04: Secção típica do aterro ultraleve



Fonte: Arquivo Pessoal (2020)

Aplicações no Brasil

Atualmente é possível perceber a aplicação do método de aterro ultraleve espalhado em algumas rodovias do país. No Brasil a pioneira foi a empresa Odebrecht Infraestrutura, que aplicou o método nas obras do Trevo do Caxambu, situado na rodovia Engenheiro Constâncio Cintra (SP – 360), em Jundiá (Figura 05). Mais do que somente importar a tecnologia, foi importante desenvolver e validar todas as etapas do processo.

Figura 05: Construção da Rodovia Engenheiro Constâncio Contra (SP – 360)



Fonte: PEDRONI (2016)

O resultado alcançado pela utilização do EPS foi muito satisfatório e apresenta uma tendência evolutiva expressiva. A princípio a aplicação da tecnologia garantiu uma economia de 58% de tempo: o trecho citado anteriormente, foi construído em 76 dias ao invés dos 181 dias necessários caso tivesse optado pela solução convencional usadas em outras rodovias. Com isso, houve a redução de gastos em 31%, em relação à solução apresentada usualmente (PEDRONI, 2016).

Em Tubarão, Santa Catarina (Figura 06), os blocos de EPS foram utilizados na obra do aterro da cabeceira do viaduto principal de acesso à cidade. É o maior projeto de EPS (poliestireno expansível) na América do Sul com um volume aproximado de 13 mil m³ de blocos (SECCO, 2006).

Figura 06: Construção da cabeceira do viaduto de Tubarão – Santa Catarina



Fonte: SECCO (2016)

Na região Nordeste, o EPS também foi usado na duplicação da BR 101 (Figura 07) nos Estados da Paraíba e de Pernambuco. São mais de 20 mil m³ de EPS em blocos com dimensões de 4 metros de comprimento, por 1,25 m de largura, 1 m de altura e com 59,4 quilômetros de extensão. A duplicação da BR-101, no chamado "Corredor Nordeste", começa na entrada do município de Lucena, na Paraíba, e se estende até a divisa com o Estado de Pernambuco. As obras do Nordeste estão sendo executadas pelo 1º Batalhão de Engenharia de Construção do Exército. (SECCO, 2006).

Figura 07: Duplicação da Rodovia BR 101



Fonte: NRBORGES (2011)

CONCLUSÃO

Com base nas informações pesquisadas, o método ultraleve (EPS) apresenta características adequadas para aplicações estruturais e seu uso é inovador, sendo uma excelente opção para sanar os problemas de deterioração e manutenção dos solos nas estradas, bem como auxiliar na sua construção pois apresenta bom comportamento térmico com relação ao material tradicional.

Tendo em vista a necessidade de uma inovação no que diz respeito a melhoria dos procedimentos de construção no setor rodoviário, a técnica surge como possível solução, pois, após estudos realizados, mostrou-se vantajosa por oferecer a seus utilizadores qualidades como na redução do tempo de conclusão da obra e um baixo custo. Contribuindo para a evolução da construção civil no Brasil e no mundo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAPEX. **Aplicações: construção civil – fundações de estradas**. 2015. Disponível em <http://www.abrapex.com.br/31z16Estradas.html>, [capturado em 05 jul. 2008]. Acesso em: 29 de novembro de 2020.

COLMANETTI, J. **Estudos sobre a aplicação de geomembranas na impermeabilização da face de montante de barragens de enrocamento**. Brasília – DF: Universidade de Brasília, 2006.

ERCOLINI, M.; LAVOITE, F. **Estudo sobre a durabilidade de geomembrana de pead aplicada em lagoa de chorume por meio de uma amostra exumada in situ**. Mauá – São Paulo: Escola de Engenharia Mauá. 2019.

GROTE, Z. V.; SILVEIRA, J. L. **Análise energética e exergética de um processo de reciclagem de poliestireno expandido (isopor)**. Revista Mackenzie de Engenharia e Computação, 2010.

GEOSYNTHETICA. **Caso de obra apresenta aterro ultraleve de aproximação de viaduto no interior de SP**. 2016. Disponível em: <<https://www.geosynthetica.net.br/aterro-ultraleve-de-aproximacao-de-viaduto-no-interior-de-sp/>>. Acesso em: 29 de novembro de 2020.

ICM. MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, PORTOS E AVIAÇÃO CIVIL. **ICM, rodovias federais quilômetro por quilômetro**. 2017. Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br/icm-indicador-de-qualidade-das-rodovias.html>>. Acesso em: 06 de outubro de 2018.

KNAUF. **Geofoam: soluções geotécnicas em EPS isopor®**. 2018. Disponível em: <https://www.knauf-isopor.com.br/produtos/construcao-civil/geofoam#utm_source=blog> HYPERLINK" <https://www.knauf-isopor.com.br/produtos/construcao-civil/geofoam#utm_source=blog&utm_medium=post> HYPERLINK" <<https://www.knauf-isopor.com.br/produtos/construcao-civil/geofoam#utmsource=blog&utmmedium=post>>. Acesso em: 06 de outubro de 2018.

KNAUF. **EPS isopor®: Mais utilidades e vantagens do que você pode imaginar**. 2018. Disponível em: <<https://www.knauf-isopor.com.br/produtos/servicos-em-inovacao/eps/>>. Acesso em: 16 de maio de 2019.

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA, ICM. **Índice de Condição de Manutenção**. Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br/icm-indicador-de-qualidade-das-rodovias.html>>. Acesso em: 16 de maio de 2019.

MONTEIRO, M.; SILVA, E.; SOUZA, J. **Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos de Isopor**. 2016. Disponível em: <<https://israelpinheiro.org.br/wp-content/uploads/2016/09/Plano-de-Gerenciamento-Integrado-de-Res%C3%ADduos-de-Isopor.pdf>>. Belo Horizonte – Minas Gerais. Acesso em: 09 de dezembro de 2020

NASCIMENTO T., **Avaliação de alternativas de processos executivos de aterros de vias urbanas sobre solos moles**. Instituto militar de engenharia – Rio de Janeiro, 149 f., 2009.

NRBORGES. **Na duplicação da BR-101, foi utilizado o EPS**. Disponível em: <<http://nrborgesengenharia.blogspot.com/2011/04/na-duplicacao-da-br-101-foi-utilizado-o.html>>. Acesso em: 29 de novembro de 2020.

ODEBRECHT. **Usar isopor na construção pesada? Veja vantagens do uso do Aterro Ultraleve nos projetos da Odebrecht**. 2013. Disponível em: <https://www.odebrecht.com/sites/default/files/28_crb_aterro_eps.jpg>. Acesso em: 09 de dezembro de 2020.

PEDRONI, B. **Caso de obra apresenta Aterro Ultraleve de aproximação de viaduto no interior de SP.** 2016. Disponível em: <<https://www.geosynthetica.net.br/aterro-ultraleve-de-aproximacao-de-viaduto-no-interior-de-sp/>>. Acesso em: 06 de outubro de 2018.

RANIERI. **Técnica de Aterro Ultraleve reduz tempo de construção de rodovia.** 2015. Disponível em: <<http://ranieriguedes.blogspot.com/2015/10/tecnica-de-aterro-ultraleve-reduz-tempo.html>>. Acesso em: 06 de outubro de 2018.

SECCO. **Nova aplicação com EPS é utilizada na duplicação da rodovia BR 101 nas regiões Sul e Nordeste.** 2006. Disponível em: <<http://www.secco.com.br/noticias.asp?id=12835>>. Acesso em: 17 de maio de 2019.