

## **PESQUISA LABORATORIAL DAS PROPRIEDADES DO POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) E O ESTUDO DA SUA APLICAÇÃO COMO REDUTOR DE RECALQUES EM ATERROS DE ESTRADAS SOBRE SOLOS MOLES**

Gabriel Carlos Colombo<sup>1</sup>; Jairo Pereira de Araújo<sup>2</sup>; José Orlando Avesani Neto<sup>3</sup>

1. Estudante do curso de Engenharia Civil; e-mail: gabrielcolombo.engcivil@gmail.com
2. Professor da Universidade de Mogi das Cruzes; e-mail: jairopa@osite.com.br
3. Professor da Universidade de São Paulo; e-mail: avesani@usp.br

Área de conhecimento: **Engenharia geotécnica; Mecânica dos solos.**

**Palavras-chaves:** Poliestireno Expandido; aterros sobre solos moles; redução de recalques, dimensionamento de pavimentos; ensaio laboratoriais.

### **INTRODUÇÃO**

Este projeto aborda a utilização do Poliestireno Expandido (EPS), conhecido popularmente como ISOPOR®, na construção de rodovias sobre camadas com situações desfavoráveis com a presença de solos moles, rotineiramente encontrado em várias regiões do Brasil. Segundo a Associação Brasileira de Poliestireno Expandido ABRAPLEX (2018), as pérolas de EPS, após expandidas, possuem em sua constituição 98% de ar e apenas 2% de poliestireno, adquirindo assim características muito leves. O EPS é inodoro; não contamina o solo, água e ar; é 100% reaproveitável sendo possível que ele retorne como matéria-prima, mostrando-se um material sustentável. Além dos benefícios citados o EPS possui considerável resistência a compressão, facilidade de manuseio com diminuição dos custos de execução, excelente custo-benefício ao longo do projeto, é excelente isolante acústico e térmico, possui alta absorção de impactos e recalques, é excelente como material associado ao solo, (objeto de estudo desse trabalho) e uma das suas principais qualidades: possui baixo peso específico que resulta em menores custos de transporte, de execução e diminuição das sobrecargas exercidas em solos com baixa capacidade de carga.

Figura 01 - Rodovia construída com a utilização de EPS



Fonte: Mundo Isopor (2016)

A construção de rodovias pavimentadas é fundamental para a mobilidade populacional e desenvolvimento do país. Uma superfície regular e mais aderente dá mais segurança ao veículo principalmente em condições de pista úmida além de proporcionar menos ruídos e redução nos custos com manutenção veicular. (BALBO, 2007). Devido as suas excelentes propriedades mecânicas o EPS já é reconhecido e aplicado mundialmente com diversas

finalidades. A utilização de blocos de EPS em obras geotécnicas vem ganhando destaque no cenário nacional devido a sua versatilidade e adequação em especial aplicações em aterros de rodovias com solos moles vem ganhando destaque devido a diminuição das cargas geradas pela baixa densidade do EPS. Quando utilizada com essa finalidade os blocos de EPS são conhecidos como Geofam. (AVESANI NETO, 2008).

## OBJETIVO

Obter parâmetros laboratoriais do Poliestireno Expandido para posterior análise da diminuição do recalque em rodovias com utilização do EPS na presença de camadas de solos moles.

## METODOLOGIA

Na primeira etapa da pesquisa realizou-se ensaios laboratoriais, dentre eles a verificação da massa específica do EPS (de acordo com as diversas amostras de EPS fornecidas para ensaio), o coeficiente de Poisson, ensaio de compressão sem confinamento e com confinamento (simulando a situação real em campo) e ensaio CBR adaptado para o EPS, obtendo assim parâmetros para a realização do dimensionamento do pavimento. Ainda nessa etapa foi realizado o dimensionamento de dois pavimentos: um utilizando o método tradicional (com rachão e bica corrida) e outro com EPS para comparação dos recalques e outras análises (viabilidade, flutuação com a utilização do EPS). Vale citar que nessa fase foram utilizados os parâmetros obtidos nos ensaios iniciais. Na segunda parte da pesquisa um dispositivo para simular um pavimento com EPS sobre solo mole foi elaborado. Análises práticas com os respectivos cálculos foram elaborados sempre com o foco na análise dos recalques gerados com a utilização do EPS.

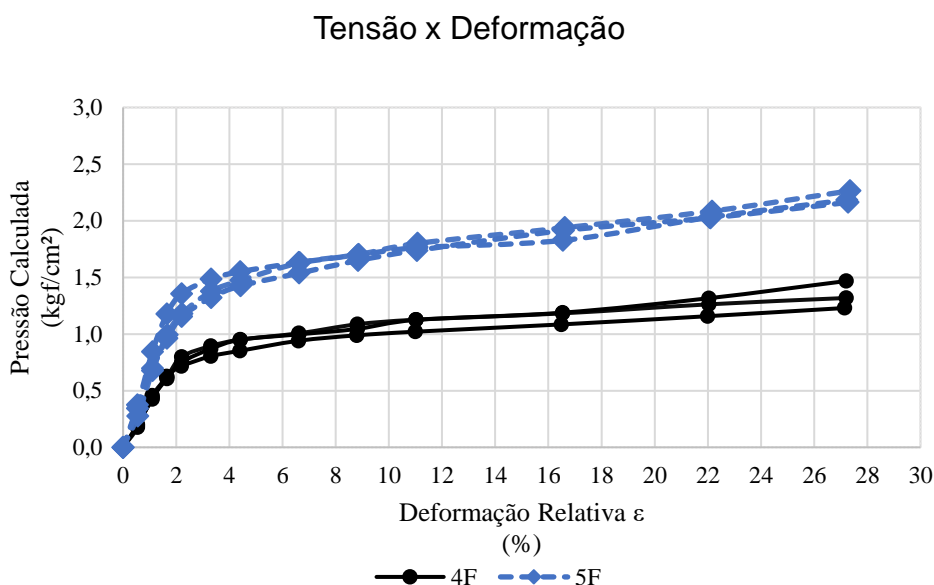
Figura 02 – Simulação de rodovia em solo mole com utilização de EPS



## RESULTADOS/DISCUSSÃO

Para os ensaios de compressão foram obtidas as curvas tensão-deformação do EPS para faixas de densidades distintas. Numa faixa de deformação inicial (abaixo de 1%), considerada em projetos de engenharia geotécnica, o EPS comporta-se elasticamente estando de acordo com as literaturas já publicadas no assunto. Quando comparado com o ensaio de compressão sem confinamento houve pequenos ganhos de resistência devido a condição de confinamento que também ocorre em campo.

**Gráfico 1 – Ensaio de compressão não confinado**



Sobre o ensaio CBR foram obtidos os valores do Índice de Suporte variando entre 2,5% a 3,5%. Sobre o coeficiente de Poisson na fase considerada elástica (abaixo de 1%) obteve-se valores próximos de zero. Com os parâmetros laboratoriais obtidos foi realizado o dimensionamento dos pavimentos com o método usual utilizando rachão e bica corrida como sub-base (situação 1) e o dimensionamento utilizando EPS no aterro substituindo parte do subleito de solo mole (situação 2). Foi verificada uma diminuição nos valores finais do recalque por adensamento da camada de solo mole na situação 2 com EPS, sendo previsto um recalque por adensamento primário de 299,7 mm na situação 1 e 124,1 mm na situação 2. Ainda foi possível analisar as deformações geradas em um dispositivo prático com aplicação de carga por uma prensa e a simulação das camadas de um pavimento obtendo resultados satisfatórios de acordo com o esperado teoricamente.

## CONCLUSÕES

Através dos ensaios laboratoriais foram obtidos diversos parâmetros. Referente aos pesos específicos, foram verificadas pequenas variações em relação aos valores nominais fornecidos pela empresa ISORECORT, fornecedora das amostras, porém fundamentais para efeitos de projeto, demonstrando assim que é necessário rigor nas conferências de medidas ao receber o material em obra, devendo ser realizado um controle tecnológico apurado. Em relação aos ensaios CBR, foram obtidos valores médios do CBR em amostras de EPS adequados para subleitos de pavimentos, sendo diretamente proporcional ao aumento do peso específico das amostras analisadas. Para efeito de dimensionamento do pavimento foram considerados o CBR de 2,5 % mantendo um fator de segurança. Quanto aos ensaios de compressão confinado e não confinado concluiu-se um aumento da resistência conforme eleva-se o peso específico do material. Em relação ao coeficiente de Poisson chegou-se a valores próximos à zero na fase de deformação considerada. O gráfico de tensão x deformação do EPS possui um patamar elástico definido com deformação menor que aproximadamente 2 % e resistências viáveis para diversos tipos de projetos. Para o ensaio de compressão confinada, caso mais próximo da situação real no qual o aterro confina o EPS obtém-se ganhos na resistência e menores deformações. A partir dos parâmetros obtidos realizou-se o dimensionamento teórico de pavimentos em subleitos com solos moles para um

caso tradicional utilizando rachão com bica corrida e o caso em estudo com EPS. Após os cálculos foi feita a análise dos recalques para ambas as situações. Concluiu-se que o EPS diminuiu o recalque do pavimento com espessura ideal calculada de 1,9 m devido ao seu baixo peso específico tornando-se excelente material para situações que necessitem cuidados devido a situação crítica do subleito analisado. Vale citar que na faixa de carga considerada os recalques do EPS são imediatos, que se comporta elasticamente para pequenas deformações. Por esse motivo não se soma os recalques por adensamento com a deformação do EPS neste estudo, no qual se considerou os recalques que ocorrem a longo prazo por adensamento da camada de argila mole. A flutuação é fator limitante na definição da espessura da camada de EPS que irá substituir o subleito, conforme foi verificado nessa pesquisa. Na segunda fase experimental (do dispositivo prático) os resultados do ensaio ficaram dentro do esperado pelos cálculos teóricos e agrega a literatura algumas informações exclusivas dessa pesquisa além de promover a curiosidade por novas pesquisas que analisem outros fatores como as correlações modelo e protótipo, mais ensaios laboratoriais com variação de parâmetros para ampliar os conhecimentos da literatura atual, análises de casos reais e a eliminação das hipóteses simplificadoras utilizadas na segunda etapa dessa pesquisa com o aprimoramento de equipamentos específicos para realização de futuros ensaios. A utilização do EPS pode reduzir de 58,6% a 71,8% o recalque, quando comparado com a utilização de rachão com bica corrida, dependendo do tipo de solo mole considerado na pesquisa. Fica evidente a redução expressiva do recalque quando se utiliza o EPS como solução geotécnica. A diferença entre as reduções de recalque obtidas teoricamente e experimentalmente se deve ao fato dos solos moles serem distintos em cada caso. Além disso é importante citar a vantagem desse modelo laboratorial quanto a velocidade referente ao tempo de adensamento reduzido no modelo físico do laboratório que em casos reais em campo podem durar décadas.

## REFERÊNCIAS

ABRAPEX. **Associação Brasileira do Poliuretano Expandido**, 2018. Disponível em: <http://www.abrapex.com.br/Geral.html>. Acesso em: 15 dez. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT): **NBR-9895**: Índice de Suporte Califórnia. 1987.

AVESANI NETO, J. O. **Caracterização do comportamento geotécnico do EPS através de ensaios mecânicos e hidráulicos**. Tese de mestrado. Universidade de São Paulo. São Carlos. 2008.

BALBO, J. T.; **Pavimentação asfáltica**. São paulo. Ed. Oficina de textos, 2007. 558p.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - **Manual de implantação básica de rodovia**. 2010. Disponível em: [http://ipr.dnit.gov.br/normasmanuais/manuais/documentos/742\\_manual\\_de\\_implantacao\\_basica.pdf](http://ipr.dnit.gov.br/normasmanuais/manuais/documentos/742_manual_de_implantacao_basica.pdf). Acesso dia 25 de Julho de 2018, 14:20.

MUNDO ISOPOR. **EPS Isopor® reduz pela metade o tempo na construção de rodovias**. 2016. Disponível em: <https://www.mundoisopor.com.br/inovacao/isopor-reduz-pela-metade-o-tempo-na-construcao-de-rodovias>. Acesso dia 02 de Fevereiro de 2018. 20:20:30.

SENÇO DE, W.; **Manual de técnicas de pavimentação**. São Paulo. Ed. Pini, 2007. 761p.