POLIESTIRENO EXPANDIDO EM ATERROS SOBRE SOLOS MOLES

EXPANDED POLYSTYRENE IN SOIL REINFORCEMENT

Carvalho, David; *Universidade Estadual de Campinas*, *Campinas*, *Brasil*, *david@feagri.unicamp.br*
Kassouf, Roberto; *Devry Metrocamp*, *Campinas*, *Brasil*, *robertokassouf@terra.com.br*
Scatena, Pedro; *Termotécnica, Campinas, Brasil, pedro.scatena@termotecnica.com.br*
Scatena, Vilson; *Devry Metrocamp, Campinas, Brasil, vilsonscatena@gmail.com*

RESUMO

O projeto e execução de obras sobre solos moles representam alta complexidade e desafios aos geotécnicos. Estes solos apresentam baixa capacidade de suporte. Os métodos construtivos tradicionais exigem a substituição total ou parcial do solo de baixa resistência por solo com boa capacidade de suporte; às vezes opta-se por construir bermas laterais de equilíbrio; ou ainda construir drenos verticais que auxiliam na aceleração do adensamento do maciço. Esses métodos em geral exigem grandes movimentos de solo e demandam muito tempo para execução, além da necessidade de descarte em áreas apropriadas e proximidade de jazidas com solo de qualidade. Este trabalho tem como proposta estudar a utilização do método construtivo de aterro leve, que minimiza os impactos causados pelos métodos tradicionais, utilizando o poliestireno expandido (EPS) como componente principal. O foco principal do trabalho descreve o estudo de caso da construção de um viaduto sobre aterro em blocos de EPS no município de Jundiaí, estado de São Paulo, Brasil comparando o método utilizado com o método tradicional de bermas de equilíbrio laterais. Durante visita à obra, já executada, apresentada no estudo de caso, não foram encontradas patologias, mostrando que o método de aterro leve com EPS possui potencial de utilização.

ABSTRACT

The design project and execution on soft soils represent high complexity and challenges to geotechnics. These soils have low bearing capacity. Traditional construction methods require total or partial replacement of low resistance soil by soil with good bearing capacity; sometimes it is possible to construct lateral equilibrium berms; or to construct vertical drains that help accelerate the density of the massif. These methods generally require large soil movements and require a lot of time to run, sometimes requiring areas for disposal and deposits. This work aims to study the use of the constructive method of light landfill, which minimizes the impacts caused by traditional methods, using expanded polystyrene (EPS) as the main component. The main focus of this work is the case study of the construction of a viaduct over embankment in EPS blocks in the municipality of Jundiaí, state of São Paulo, Brazil, comparing the method used with the traditional method of lateral equilibrium berms. During the visit to the work, already carried out, presented in the case study, no pathologies were found, showing that the EPS method has potential for use.

1 - INTRODUÇÃO

Os profissionais de geotecnia deparam-se constantemente com problemas de alta complexidade em suas obras, porém, os desafios são significativamente maiores quando os estudos preliminares apontam para solos cuja predominância são argilas saturadas ou semi saturadas, com aspecto físico mole. Nos últimos trinta anos o desenvolvimento cientifico e tecnológico propiciaram o surgimento de novos métodos investigativos e novos materiais, com significativa contribuição na solução de problemas relacionados à mecânica desses solos moles.

Alguns métodos construtivos convencionais de aterros sobre solos moles, preconizam a remoção total ou parcial desses solos e a consequente substituição por solos rijos. A substituição favorece a estabilidade dos maciços, habilitando-os a receber as cargas previstas em projeto. Esses métodos são confiáveis e muito utilizados, porém, demandam um tempo considerável para sua execução, e às vezes existe a necessidade de vencer grandes distâncias entre a jazida e local de descarte, podendo, dependendo da região, causar grande desconforto social, conflito com leis ambientais e alto custo.

Cita Almeida e Marques (2014) no estudo dos métodos construtivos para aterros sobre solos moles, um método de origem recente, ainda pouco utilizado no Brasil, mas com resultados satisfatórios em alguns países Europeus, Japão e EUA. Esse novo método construtivo, preconiza a utilização de materiais de baixa densidade, os quais influenciam diretamente no peso próprio do sistema. A utilização desses materiais contribui com a redução do movimento e locomoção de terra, além de minimizar o tempo de estabilização dos aterros com consequente redução do tempo total da obra.

É parte integrante desse trabalho, os principais ensaios de investigação geotécnica necessários ao conhecimento intrínseco do solo mole, com ênfase ao Ensaio de Palheta (Vane Test). Foi abordado noções de recalques e deslocamentos horizontais, tipos de recalques, estabilidade e monitoramento de aterros sobre solos moles. Foi apresentado, ainda, na revisão bibliográfica, alguns materiais inertes leves, com suas características principais, dando-se ênfase para o poliestireno expandido (EPS), enfatizando o estudo de suas características físico-químicas, as normas que regem sua fabricação e uso, ensaios e sua aplicabilidade nos aterros leves.

No conteúdo desse trabalho encontra-se um estudo de caso de dois aterros de concepções diferentes em um único viaduto. De um lado tem-se o aterro que foi executado com bermas de equilíbrio e do outro lado, por necessidade de projeto, foi concebido um aterro leve em Poliestireno Expandido (EPS), objeto principal com estudo detalhado nesse trabalho.

2 - OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi o estudo da viabilidade do método construtivo de aterro leve aplicado em aterros sobre solos moles, utilizando-se como material base blocos de Poliestireno Expandido – EPS.

3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 - Solos Moles

A terminologia solos moles está intimamente relacionada à consistência de determinados solos, com predominância de argilas, muitas vezes permeadas com matérias orgânicas quase sempre em decomposição. Estes solos encontram-se em seu estado natural saturados ou semi saturados. Com origem sedimentar possuem baixa resistência ao cisalhamento, apresentam elevada compressibilidade o que implica em alta capacidade de deformação sob a aplicação de cargas (Marangon, 2009).

Ainda conforme Marangon (2009) os valores determinados pelo Standard Penetration Test (N-SPT) dos solos moles nunca ultrapassam 5.

3.2 - Investigações Geotécnicas

Conforme Almeida e Marques (2014) para início de um trabalho geotécnico, visando a construção de aterros sobre solos moles, recomenda-se fazer um reconhecimento do terreno através de mapas geológicos e pedológicos. Deve-se complementar os estudos iniciais utilizando-se do auxílio da aerofotogrametria e da busca em bancos de dados de investigações já executadas. Na sequência, recomenda-se realizar uma investigação preliminar para o reconhecimento do perfil do terreno através de sondagens a percussão ou métodos geofísicos. Na fase final da investigação geotécnica deve-se executar a investigação de campo e laboratório, para obtenção dos parâmetros geotécnicos, cujo objetivo básico é fornecer informações para escolha do método construtivo e fornecer, também, subsídios para os cálculos de estabilidade e recalque dos aterros. No Quadro 1 são apresentadas as características gerais dos ensaios de laboratório e de campo, parâmetros geotécnicos que se pode obter e recomendações para cada tipo de ensaio. Pode-se destacar aproximadamente uma dezena de ensaios para determinação dos parâmetros dos solos moles, não cabe nesse trabalho a descrição detalhada de cada ensaio, porém, entende-se que os ensaios onde se obtém parâmetros básicos relevantes para decisões de projeto devem ser apresentados, mesmo que de forma sucinta. Na sequência será apresentada uma descrição mais detalhada do ensaio de palheta (*vane test*) que é o principal ensaio quando se trata com solos moles.

Quadro 1 - Ensaios Disponíveis X Parâmetros obtidos

Tipo de Ensaio	***Tipo de Solo***		***Principais características que podem ser determinadas***
	Melhor Aplicável	*Não Aplicável*	
1 – Ensaio Padronizado de Penetração **(SPT)***	Granulares		Avaliação qualitativa do estado de compacidade ou consistência. Comparação qualitativa da estratigrafia do subsolo.
2 – Ensaio de Penetração Estática do Cone **(CPT)**	Granulares		Avaliação contínua da compacidade e resistência de solos granulares. Avaliação contínua de resistência não drenada de solos argilosos.
3 – Ensaio de **Palheta**	Coesivos	Granulares	Resistência não drenada de solos argilosos.
4 – Ensaio **Pressiométrico**	Granulares		Coeficiente de empuxo no repouso; compressibilidade e resistência ao cisalhamento.
*Sem interesse direto na determinação dos parâmetros de resistência.			

(Marangon, 2009).

3.2.1 - Ensaio de Palheta (Vane Test)

Entre os ensaios destinados ao reconhecimento dos parâmetros dos solos moles, o ensaio de palheta é o mais utilizado. Este ensaio tem como objetivo principal, a obtenção da resistência ao cisalhamento de solos coesivos moles saturados não drenados (S_u), *in situ*, conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT NBR 10905 (1989). Este ensaio pode, também, determinar a sensibilidade das argilas que é a relação entre a resistência da argila indeformada e amolgada.

Basicamente esse ensaio consiste em cravar a palheta no solo e medir o torque necessário para o cisalhamento do mesmo na superfície circunscrita pela rotação das palhetas. O posicionamento da palheta na cota de medição pode ser por cravação estática. Deve-se paralisar a penetração e posicionar a palheta a 50 cm acima da cota a ser medida, a partir desse ponto desce somente a palheta e realiza-se o procedimento do ensaio. Com a palheta na cota de ensaio, deve-se girar a manivela a uma velocidade constante de 6°/minuto, com leituras desejáveis após rotação de 2°, para que possa ser traçada a curva torque x rotação (ABNT NBR 10905, 1989).

Imediatamente após a determinação do torque máximo, aplicam-se dez revoluções completas á palheta e refaz o ensaio para determinação da resistência amolgada (S_{ur}).

O intervalo de tempo entre os dois ensaios deve ser inferior a 5 minutos.

3.2.2 - Interpretação do ensaio de palheta

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT 10905, 1989) a resistência não drenada S_u em kPa é dada pela Equação 1,

$$Su = 0{,}86\ T/\pi D^3\ (kN/m^2) \qquad [1]$$

Com valores de Torque fornecidos pelo ensaio de palheta *in situ*. Onde:
T = Torque máximo medido em kN.m;
D = Diâmetro da palheta em metro;
Π = 3,1416.
O valor da resistência não amolgada S_{ur}, é obtido pela equação 1, utilizando-se, porém, o valor do torque na condição amolgada.
O valor da sensibilidade S_t da argila é dado pela Equação 2,

$$St = Su/Sur \qquad [2]$$

Pode ser observado na Figura 1 o gráfico de torque x rotação da palheta para ensaio em argila natural e amolgada.

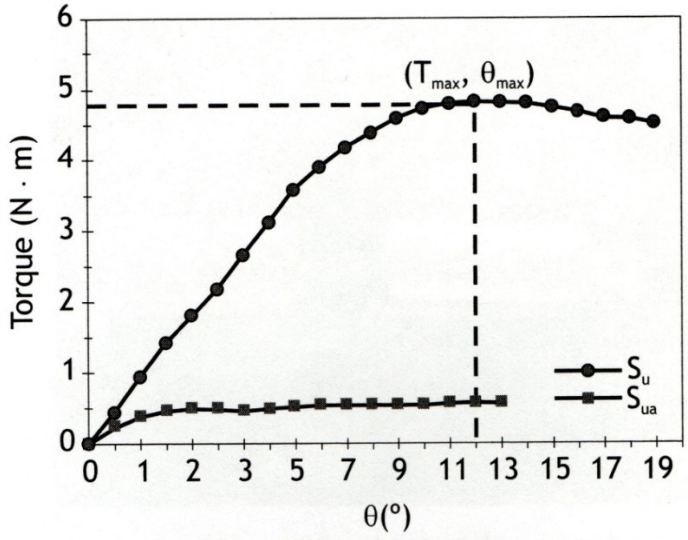

Figura 1 – Torque versus rotação da palheta para ensaio em argila natural e amolgada (Neto, 2004 apud Almeida e Marques, 2014)

3.3 - Recalques

Na construção de um aterro viário ocorre o adensamento do solo com o decorrer do tempo, tanto na fase de execução como na fase de consolidação. Consequentemente esse solo vai se tornando cada vez mais rijo, levando a um aumento do coeficiente de segurança, mas também a um aumento dos recalques. No período construtivo deve-se preocupar com a estabilidade do aterro enquanto que na fase operacional

deve-se preocupar com os recalques. No caso dos aterros viários os recalques implicam em trabalho de manutenção para correção das ondulações da pista ou acertos da diferença de cota nos encontros de pontes e viadutos. Nesse contexto devem-se considerar duas condições relevantes que são a estimativa dos recalques finais e a estimativa da velocidade desses recalques (Massad, 2010).

Das (2011) quando se aplica uma carga sobre um determinado solo este fica sujeito a uma compressão e consequente deformação. Esse fenômeno acontece em função da deformação e deslocamento das partículas do solo aliados à expulsão de água ou do ar dos seus espaços vazios. A esse fenômeno chamamos de recalque.

Quando se estuda os recalques basicamente temos três tipos: o recalque elástico (imediato), o recalque por adensamento primário e o recalque por compressão secundário.

O recalque total de uma fundação pode ser determinado pela Equação 3

$$St = Se + Sc + Ss \quad [3]$$

S_t = recalque total;
S_e = recalque elástico;
S_c = recalque primário;
S_S = recalque secundário.

É importante salientar para obras sobre argilas muito compressíveis, característica principal dos solos moles, o recalque por adensamento primário pode ser várias vezes maior que o recalque elástico.

3.4 - Método Construtivo com Bermas de Equilíbrio

Esse método construtivo utiliza-se de aterros laterais conjugados ao aterro principal, com menor altura, formando as chamadas bermas de equilíbrio, cujo objetivo principal é aumentar o fator de segurança (F_S) quanto á ruptura (Almeida e Marques, 2014).

Massad (2010) propõe a equação para determinar a altura das bermas e seus respectivos comprimentos. Baseado na Equação 4 que determina a altura crítica, temos:

$$H1 - H2 = \frac{5{,}55 \cdot C}{Fs \cdot \gamma at} \quad [4]$$

Onde:
H_1 = altura total do aterro;
H_2 = altura das bermas de equilíbrio;
c = coesão;
F_S = fator de segurança;
γ_{at} = peso específico do aterro.

O fator de segurança (F_S) é definido através de critérios de projeto, levando-se em conta a importância da obra. De forma geral é utilizado F_S maior que 1,5.

Para completar o dimensionamento das bermas de equilíbrio deve-se determinar a largura b2 conforme indicado na Figura 2.

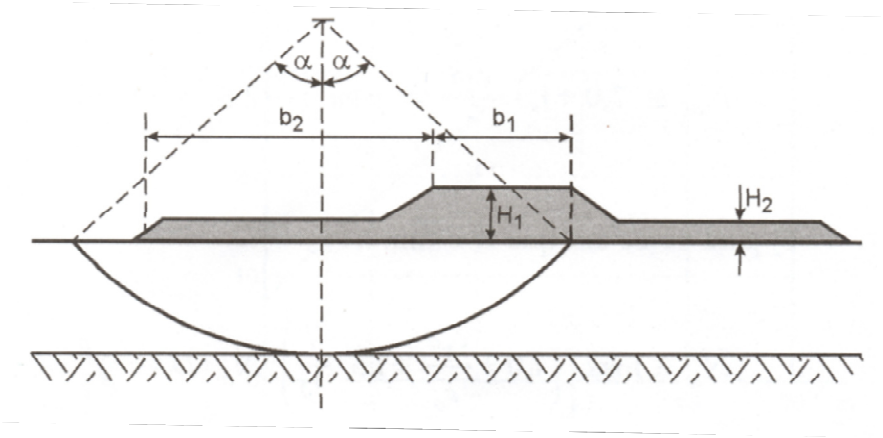

Figura 2 – Bermas de Equilíbrio (Massad, 2010)

3.5 - Poliestireno Expandido

3.5.1 - O que é poliestireno expandido

O Poliestireno Expandido, sigla internacional EPS conforme definição da norma ISO 1043 (2011), foi descoberto pelos químicos Fritz Stasny e Kral Buchholz na Alemanha em 1949 quando trabalhavam nos laboratórios da empresa Basf (ABIQUIM, 2016).

O polímero de poliestireno (PS), matéria prima do EPS (popularmente conhecido no Brasil como Isopor®, marca registrada da empresa Knauf) é um plástico celular rígido, em formato de pequenas pérolas, resultante da polimerização do estireno em água. No processo de expansão, utiliza-se o gás pentano, denominado, agente expansor, e vapor de água fazendo-se com que as pérolas aumentem em até 50 vezes o seu tamanho original (ABRAPEX, 2008).

Derivado do petróleo um produto natural, a Figura 3 apresenta o processo de produção do PS.

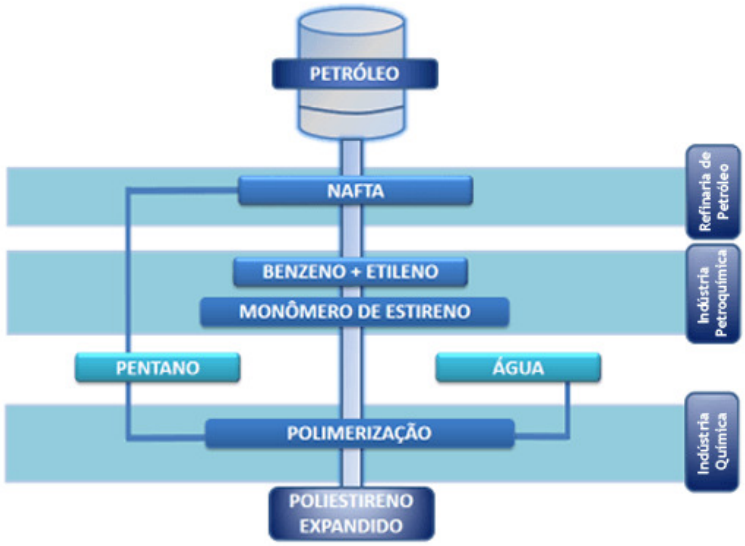

Figura 3 - Processo produtivo do EPS (ABIQUIM, 2017)

As pérolas expandidas apresentam 98% de ar e apenas 2% de poliestireno, conforme apresentado na Figura 4 a seguir, onde a região escura representa o ar e a região clara o polímero, o que evidência suas características, tais como, baixo peso específico, amortização de impactos, facilidade de manipulação, excelente isolação térmica.

Figura 4 - Estrutura celular do EPS ao microscópio (ACEPE, 2017)

3.5.2 - Classificação do poliestireno expandido.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 11752, 2016), o poliestireno expandido pode ser classificado em 8 (oito) tipos, de acordo com suas propriedades físicas, massa específica, condutividade térmica, tensão por compressão, resistência à flexão, absorção de água, permeância ao vapor de água, estabilidade dimensional e ignitabilidade. O Quadro 2 apresenta as características exigíveis para o poliestireno expandido conforme classificação por tipo.

Quadro 2 – Características exigíveis para o poliestireno expandido

Propriedades	Método de ensaio	Unidade	EPS 1	EPS 2	EPS 3	EPS 4	EPS 5	EPS 6	EPS 7	EPS 8
Densidade mínima	ABNT NBR 11949	kg/m³	10	12	15	18	22	29	38	48
Condutividade térmica aparente máxima (24 °C)	ASTM C 177 ou ASTM C 518	W/(m.K)	0,046	0,046	0,040	0,038	0,036	0,034	0,034	0,033
Tensão mínima por compressão com deformação de 10%	ABNT NBR 8082	kPa	35	35	69	90	104	173	276	414
Resistência mínima á flexão	ASTM C 203	kPa	50	70	173	208	240	345	414	517
Absorção máxima de água	ASTM C 272	% em volume	6	4	4	3	3	2	2	2
Permeância máxima ao vapor da água em 25,4mm	ASTM E 96 / E 96M	ng/ Pa.s.m²	345	287	287	201	201	143	143	143
Estabilidade dimensional	ASTM D 2126	%	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Ignitabilidade	EM ISSO 11925-2	*Fs* ≤ 150 mm em 20 s								

(ABNT NBR 11752, 2016).

3.6 - Aterro com blocos de Poliestireno Expandido - EPS

O EPS tem se destacado, pois comparado com outros materiais que se prestem ao mesmo uso, tem o peso específico significativamente menor. Suas características físicas ainda trazem, como vantagem, a alta resistência (70 a 250 kPa) e baixa compressibilidade, com módulo de elasticidade na ordem de 1 a 11 Mpa, variando de acordo com o peso específico.

Conforme Almeida e Marques (2014) a variância física do EPS, com diferentes densidades e consequente resistência a esforços deve ser objeto de escolha nos projetos, de acordo com as cargas moveis atuantes que serão aplicadas no sistema.

A Figura 5 apresenta uma obra na América do Norte, executada com blocos de EPS, com a finalidade de proporcionar a redução de cargas sobre camadas subjacentes, colaborando para a estabilização do talude.

Figura 5 - Utilização de blocos de EPS para estabilização de taludes (Geofoam Applications & Technical Data, 2016)

Os aterros em EPS, em suas laterais e superfície superior, devem receber uma camada de solo. As

contensões laterais podem ser cobertas com concreto projetado, já sua superfície superior deverá receber uma laje de concreto armado com espessura dimensionada para distribuir as tensões sobre o EPS, evitando assim o puncionamento no material leve, devido às cargas dinâmicas e pontuais do tráfego de veículos.

O EPS não resiste à ação de solventes orgânicos, portanto recomenda-se fazer um recobrimento com manta de polietileno de alta densidade (PEAD), que é um polímero altamente estável e consequentemente insensível a líquidos nocivos.

Na Figura 6 pode-se verificar a seção transversal de um aterro de EPS. Observa-se, no desenho, que existe na superfície superior do aterro, uma camada de solo (h_{at}), que varia na sua altura, conforme o uso do aterro, por exemplo, limite de carga admissível na via e densidade de tráfego.

No local onde se pretende implantar um aterro em EPS, deve-se verificar o nível do lençol freático na época de altas intensidades pluviométricas e possíveis alagamentos. Deve-se assentar o EPS em cota positiva em relação a esses níveis ou fazer um estudo do empuxo do conjunto água-aterro para garantir a estabilidade do sistema (Almeida e Marques, 2014).

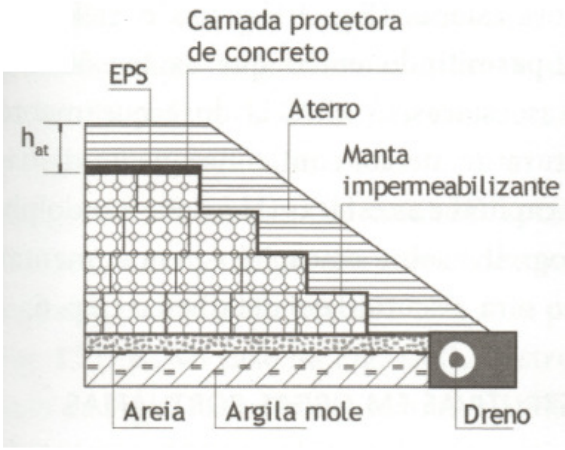

Figura 6 – Seção transversal de um aterro construído com blocos de EPS (Almeida e Marques, 2014)

4 - Estudo de Caso

Utilizando o software Google Earth, possibilitou a visualização do local no ano de 2010, conforme Figura 7, imagem está, posterior à execução do viaduto de acesso ao bairro Caxambu, na Rodovia Eng. Constâncio Contra (SP 360), km 67.

4.1 - Características do local

Figura 7 - Registro do local antes da implantação do aterro com blocos de EPS, ano 2010 (Google Earth, 2017)

De acordo com a revista Fundações e Obras Geotécnicas (2014), a construção do trevo surgiu da necessidade da construção de um complexo viário, com a finalidade de facilitar o escoamento de veículos no Trevo do Caxambú, devido ao grande fluxo de veículos, agravado nos finais de semana na região de Itatiba, São Paulo, Brasil.

Conforme apresentado no 1º Workshop Internacional de Tendências do EPS como Solução Construtiva

(2015), a região de implantação do viaduto apresenta sucessivas camadas de solos compostos por argila silto-arenosa orgânica mole. A Figura 8. apresenta o estudo geotécnico do local da obra, conforme o ensaio Standard Penetration Test (SPT).

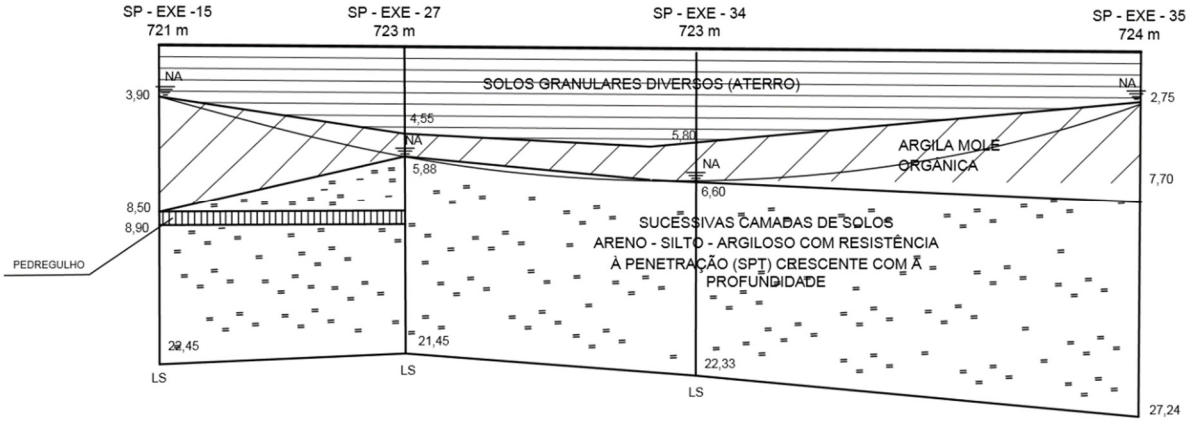

Figura 8 – Perfil de sondagem à percurssão SPT (Costa Junior e Vasquez, 2015)

4.2 - Método executivo adotado

Após analise de investigações geotécnicas da região que compreende o local de implantação do Viaduto, o qual apresentou em sua totalidade a presença de solos moles, proporcionou a utilização de blocos de poliestireno expandido (método de aterro leve) em conjunto com materiais geossintéticos. A Figura 9, apresenta o modelo do Geoprojeto proposto.

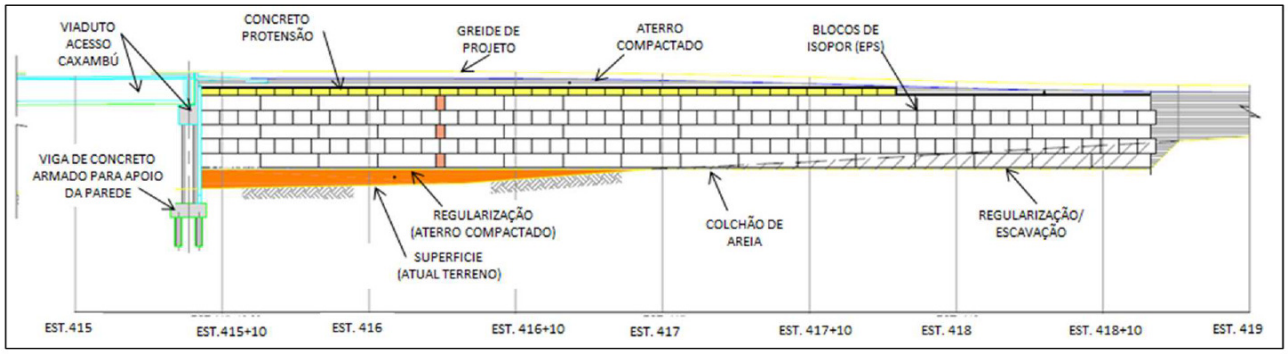

Figura 9 – Geoprojeto proposto de aterro leve com blocos de EPS (Costa Junior e Vasquez, 2015)

O corte longitudinal, posicionamento dos drenos e as indicações são apresentados na Figura 10.

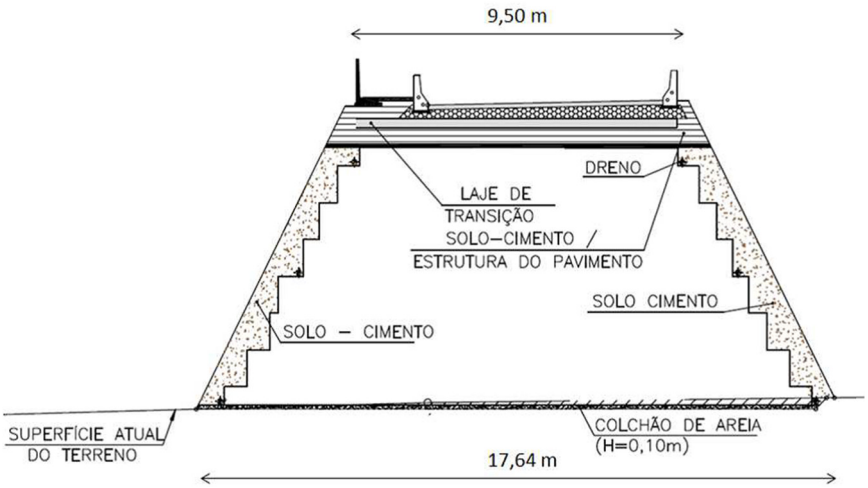

Figura 10 – Corte longitudinal pelo eixo do estaqueamento do acesso (Costa Júnior e Vasquez, 2015)

Com a finalidade de proteger os blocos de poliestireno expandido, contra o ataque de solventes orgânicos e outros, foram instaladas mantas de polietileno de alta densidade PEAD. A Figura 11 apresenta a especificação da manta e a instalação dos drenos, item este fundamental para o escoamento de água proveniente de infiltrações.

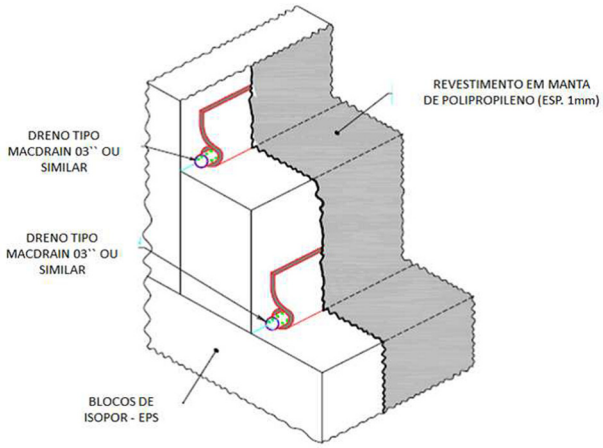

Figura 11 – Detalhamento do dreno e manda de PEAD (Costa Júnior e Vasquez, 2015)

A Figura 12 Apresenta o posicionamento das camadas subsequentes, que obedecem rigorosamente o desenho de modulação e aproveitamento dos blocos de 23kg/m³, totalizando 8 camadas e sobrepostos em curva, de acordo com o traçado de projeto da rodovia.

Figura 12 - Posicionamento das camadas subsequentes de EPS (Costa Junior e Vasquez, 2015)

Para proteção superior dos blocos e sob a manta de PEAD 1mm, foi construída uma laje de concreto armado (10cm) com duas camadas de tela soldada malha 10x10cm, tipo TELCON, ou equivalente, com barras de aço CA 60, diâmetro 4,2mm e concreto C30, conforme Figura 13.

Figura 13 - Execução da laje de concreto armado (Costa Júnior e Vaques, 2015)

A Figura 14 apresenta a execução do pavimento asfáltico flexível.

Figura 14 - Execução do pavimento flexível asfáltico (Costa Junior e Vasques, 2015)

5 - Visita in loco

Através de visita in loco, executada na data de 09/04/2017, observou-se qualitativa a integridade do aterro e viaduto. A Figura 15 apresenta a vista do aterro executado pelo método de Berma de Equilíbrio, onde é possível notar a área ocupada pelas Bermas laterais.

Figura 15 - Vista do aterro executado com o método de Bermas de Equilíbrio (Autores, 2017)

A Figura 16 apresenta a lateral direita do aterro executo com o método do Aterro Leve.

Figura 16 - Vista lateral direita do aterro executado com o método do Aterro Leve (Autores, 2017)

Conforme apresentado na Figura 17 não foi observado recalque diferencial no encontro do viaduto com o

Aterro Leve.

Figura 17 - Encontro de Viaduto e Aterro Leve (Autores, 2017)

6 - Comparação método de Bermas de Equilíbrio e método de Aterro Leve

Ao final do estudo deste trabalho os autores apresentam o Quadro 3 com a finalidade de comparar os métodos construtivos de Aterro Leve e Bermas de Equilíbrio.

Quadro 3 – Comparação dos métodos apresentados

Bermas de Equilíbrio	*Aterro Leve*
Grande área ocupada devido as bermas	Pequena área ocupada, ausência de bermas
Grande movimentação de solo	Baixa movimentação de solo
Grande movimentação de maquinas e equipamentos	Pequena movimentação de máquinas e equipamentos
Necessidade de jazida	Necessidade de fabricantes de EPS regional
Necessidade de área de descarte, quando houver substituição	Utiliza área de descarte somente para regularização da base
Peso próprio do maciço elevado	Peso próprio do maciço muito baixo
Primeira etapa será a construção do aterro e posteriormente a obra de arte	Execução em paralelo obra de arte e aterro
Recalques primários de grande magnitude	Recalques desprezíveis
Recalques diferenciais viaduto/aterro de grande magnitude	Recalques diferenciais viaduto/aterro de baixa magnitude
Alto risco de instabilidade logo após a execução	Risco de instabilidade logo após a execução próximo do inexistente
Não necessita topografia constante	Necessita de topografia constante
Execução inviável em dias chuvosos	Pode ser executado em dias chuvosos
Não se aplica a preocupação com o ataque de substâncias derivadas do petróleo.	Necessita proteção porque é sensível a ataques de solventes de petróleo.
(Autores, 2017)	

7 - CONCLUSÃO

Após análise qualitativa do estudo de caso, visita in loco e em paralelo à revisão bibliográfica, os autores concluem:

Não foi observado a existência de trincas no sentido longitudinal e transversal do pavimento sobre o Aterro Leve;

Ao observar com rigor o encontro do tabuleiro do viaduto com o Aterro Leve, visualmente o recalque diferencial secundário apresentou-se com magnitude zero;

Não foi identificado a existência de orifícios no pavimento, onde pudesse apresentar bombeamento dos finos;

As pistas não apresentaram ondulações;

Os drenos do aterro leve, todos internos, estavam atuando com eficiência. Fato notado por não haver sinais significativos de corrimento de água nas laterais do Aterro Leve;

Na face sul do Aterro Leve encontrou-se fissuras de 2mm à 5mm no concreto projetado, que estão em processo de monitoramento. O monitoramento através de plaquetas apresentou rompimento, demonstrando sinais de aumento e ou dilatação das fissuras;

Não foi possível verificar a profundidade das fissuras;

As cabeceiras do Viaduto apresentavam aparência preservada.

O tráfego fluiu normalmente, sem restrições à quantidade e classe de veículos.

Não foi visualizada placas de sinalização de restrição de utilização do viaduto e aterro.

Não foram encontradas patologias que viessem chamar a atenção dos autores desse trabalho no sentido de alertar sobre qualquer condenação da obra construída.

A utilização do Poliestireno Expandido (EPS) em aterros rodoviários sobre solos moles é tecnicamente viável. O já denominado Aterro Leve tornou-se definitivamente opção construtiva para os geotécnicos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o 16CNG – 16º Congresso Nacional de Geotecnia pela possibilidade de reconhecimento deste artigo a nível internacional. Agradecemos aos nossos mestres Roberto Kassouf e David Carvalho com quem aprendemos a Engenharia em sua essência e pelas orientações que nos foram concedidas durante esta trajetória. A todo o corpo docente da faculdade Metrocamp, que contribuíram diariamente para nosso aprendizado e a quem somos imensamente gratos pelo legado recebido. Aos Engenheiros Nicolas Eduardo Vasquez e Milton Paulino Costa Junior, que através do 1° Workshop internacional sobre tendências do EPS com solução construtiva, colaboram para desenvolvimento deste trabalho, com a apresentação do Case Odebrecht Infraestrutura.

REFERÊNCIAS

ABIQUIM. *Poliestireno Expansível. Comissão Setorial*. Disponível em: <http://www.epsbrasil.eco.br/eps/index.html#caracteristicas> Acesso em 15.fev.2017.

ACEPE. *Associação Industrial do Poliestireno Expandido de Portugal*. Disponível em: <http://acepe.pt/index.php/2013-04-03-16-41-27/documentacao-livros-manuais-e-estudos > Acesso em: 07.mar.2017.

Almeida, M. de S. S. (1996) - *Aterros sobre solos moles da concepção à avaliação do desempenho*. Rio de Janeiro: Editora UFRJ.

Almeida, M. de S. S. e Marques, M. E. S. (2014) - *Aterros sobre solos moles projeto e desempenho*. São Paulo: Editora Oficina de Textos.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. *NBR 10905*. Solo – Ensaio de palheta in situ – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1989.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. *NBR 11752*. Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e refrigeração industrial. Rio de Janeiro, 2016.

Bueno, B. de S. e Neto, J. O. A. (2009) - *Ensaio de absorção de água em blocos de EPS para uso geotécnico***.** Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, São Paulo.

Costa Junior, M. P. e Vasquez, N. E. (2015) - *1º Workshop internacional sobre tendências do EPS como solução construtiva***.** 1, 2015, São Paulo. ABIQUIM: Apresentação Case Odebrecht Infraestrutura, São Paulo, 2015.

Crespo Neto, F.N. (2004) - *Efeito da velocidade de rotação na tensão cisalhante obtida em ensaio de palheta*. Dissertação (Mestrado) - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.

Das, B. M. (2011) - *Fundamentos de engenharia geotécnica***.** 7. ed. Norte Americana: Cengage Learning.

EPS Industry Alliance Geofoam Civil Engineering. *Geofoam Applications & Tecnhical Data*. <http://www.geofoam.com > Acesso em 25.set.2016.

Google Earth. Disponível em: https://earth.google.com/web/ Acesso em: 08.fev.2017.

International Organization for Standardization – ISO 1043. Plastics – *Symbols and abbreviated terms* – Part 1: Basic polymers and their special characteristics. London, 2011.

Marangon, M. (2009) - Resistência ao cisalhamento dos solos. *UFJF*, Juiz de Fora. Disponível em: http://www.ufjf.br/nugeo/files/2009/11/ms2underlineunide05-p1.pdf. Acesso em: 6 fev. 2017.

Massad, F. (2010) - *Obras de terra. Curso básico de geotecnia*. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos.

Scatena, P. e Scatena, V. (2017) - *Poliestireno Expandido em Aterros dobre Solos Moles.* Monografia (Graduação) – Devry Metrocamp, Campinas, Brasil.