

POLIESTIRENO EXPANDIDO NA ESTABILIZAÇÃO DE SOLOS MOLES SUA APLICAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO DE RODOVIAS

Edição 117 DEZ/22, Engenharias / 08/12/2022

REGISTRO DOI: 10.5281/zenodo.7424189

Ariane Pereira de Lima¹

Felipe Silvestre da Silva¹

Inara Beatriz Gaego Pereira¹

Michelle dos Santos Souza¹

Vanessa Gomes Lima¹

Prof.: Anderson Figueiredo da Costa²

RESUMO

As dificuldades encontradas nas obras de engenharia despertam a necessidade de trazer novas tecnologias e métodos construtivos para que a execução de novos edifícios, rodovias e afins se tornem cada vez mais viáveis. Visto que atualmente a disponibilidade de bons solos, que possuem boa capacidade em locais com grande crescimento demográfico e avanço industrial está cada vez mais escassa, o assunto de aterros em solos mole se faz cada vez mais presente e necessário, visto que os mesmos sofrem pressões laterais e muitos movimentos, exigindo uma estabilização maior. As propriedades do Poliestireno Expandido (EPS), produto sintético proveniente do petróleo e deriva da natureza, que tende a amenizar os problemas que esse tipo de solo traz para a engenharia, se

apresentando então como solução aos aterros sobre solos moles, principalmente para obras de rodovias, que precisam aguentar grandes cargas. Na maioria dos problemas identificados nas obras de Engenharia Civil tem-se envolvidas questões relativas à identificação do solo sendo que o objetivo de classificar o solo é para que sejam estimados os seus prováveis comportamentos. Antes da execução de uma obra é necessário realizar uma investigação geotécnica representativa, com o intuito de determinar a estratigrafia, classificar o solo, verificar o nível d'água ou lençol freático e medir o índice de resistência à penetração. Os ensaios de laboratório são utilizados para determinar os parâmetros e a caracterização do solo, sendo possível verificar características do solo, tais como: tensões cisalhantes, deformabilidade, capacidade de apoio, teores de umidade, limite entre estado plástico e semissólido e entre o estado líquido e o estado plástico, dentre outros. A negligência destes dados pode comprometer a segurança da estrutura, podendo ocasionar problemas futuros, tais como recalques, rupturas no solo ou na própria fundação. Ao fim deste estudo foi concluído que o EPS atende aos coeficientes de segurança que são utilizados para majorar os esforços atuantes e minorar a resistência do solo conforme apresentação desses fatores, além de gerar uma diminuição de 40% no custo da obra e comprovação de ser um método mais sustentável, tendo em vista que é um material 100% biodegradável.

Palavras-chave: Estudo e Classificação dos solos; EPS, Poliestireno.

ABSTRACT

The difficulties encountered in engineering works awaken the need to bring new technologies and construction methods so that the execution of new buildings, highways and the like become increasingly viable. Since currently the availability of good soils, which have good capacity in places with high population growth and industrial advancement, is increasingly scarce, the issue of landfills in soft soils is increasingly present and necessary, since they are under pressure laterals and many movements, requiring greater stabilization. The properties of Expanded Polystyrene (EPS), a synthetic product derived from petroleum and derived from nature, which tends to alleviate the problems that this type of soil

brings to engineering, thus presenting itself as a solution to landfills on soft soils, mainly for highways, which need to withstand heavy loads. In most of the problems identified in Civil Engineering works, issues related to soil identification have been involved, and the objective of classifying the soil is to estimate its probable behavior. Before carrying out a work, it is necessary to carry out a representative geotechnical investigation, in order to determine the stratigraphy, classify the soil, check the water level or water table and measure the penetration resistance index. Laboratory tests are used to determine soil parameters and characterization, making it possible to verify soil characteristics, such as: shear stresses, deformability, support capacity, moisture content, limit between plastic and semi-solid state and between liquid state and the plastic state, among others. The neglect of these data can compromise the safety of the structure, which may cause future problems, such as settlements, ruptures in the soil or in the foundation itself. At the end of this study, it was concluded that the EPS meets the safety coefficients that are used to increase the active efforts and reduce the soil resistance according to the presentation of these factors, in addition to generating a 40% decrease in the cost of the work and proving to be a more sustainable method, considering that it is a 100% biodegradable material.

Keywords: Study and Classification of Soils; EPS, Polystyrene.

1 INTRODUÇÃO

A tecnologia e inovação na construção civil, está cada vez mais em processo de desenvolvimento, sendo um dos motivos amenizar os impactos ambientais causados pelo ser humano; os profissionais da área, estão constantemente em busca da melhoria contínua e aperfeiçoamento dos métodos construtivos para sanar tais problemas. O EPS é um dos materiais que está cada vez mais presente no planejamento e execução de obras, devido a suas diversas funcionalidades no setor. O EPS aparece como solução para muitos assuntos que estão em alta no mercado da construção civil, principalmente com o crescimento acelerado do setor que tende a apresentar novas necessidades, tais como mão de obra capacitada, economia e eficiência na construção, além de contribuir

positivamente para assuntos que estão sempre em pauta, como a sustentabilidade.

Com o aperfeiçoamento dos métodos construtivos atrelados à sustentabilidade o uso de EPS em aterros tem sido pauta de diversas pesquisas, conhecido também como “aterro ultraleve”, se trata de um material 100% reciclável, o que reduz de forma considerável os impactos ambientais de aterros em solos moles e apesar das vantagens deste método construtivo já serem comprovadas, essa tecnologia ainda é pouco explorada no Brasil, devido à falta de roteiro de cálculo, métodos de execução e experiência em campo.

Neste contexto, este estudo tem por objetivo, apresentar soluções para construção civil ao se tratar de um dos desafios que é executar obras em solos moles.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral do trabalho é apresentar uma solução construtiva, usando EPS para aterro, com a finalidade de sanar um problema recorrente na construção civil que são os solos moles, adequando os mesmos para que não haja possíveis adversidades após uma construção executada.

1.1.1 Objetivos específicos

- Realizar estudos sobre o que são os solos, como é sua formação, os fatores que influenciam nesse processo, e como é dada sua classificação, com ênfase nos solos moles.
- Relacionar alguns dos ensaios imprescindíveis para entender o solo, como exemplo o SPT, mapeando as informações necessárias para validação do método em cada caso.
- Compreender as características e do EPS e sua aplicabilidade dentro da construção civil, apresentado casos nos quais o material foi utilizado.

1.2 JUSTIFICATIVA

Na área da construção civil, obras realizadas em solos moles, sempre trouxeram um grande desafio para os projetistas por se tratarem de construções com alto nível de complexidade. Esse tipo de solo traz consigo a falta de estabilidade e recalques, gerando grandes preocupações.

Devido a fatores naturais ou até mesmo construtivo, algumas das rodovias do país já passaram por algum tipo de patologia ou até mesmo, incidentes. Durante a execução da Rodovia Norte- Sul em Amapá, Guimarães (2022) menciona que apesar de não ter nenhum tipo de fluxo de trânsito sobre a rodovia um trecho dela, construído no ano de 2013, estava sendo refeito devido a falta de tratamento adequado ao solo mole do local.

O relato de Rodrigues (2017) foi sobre a cratera de 15 metros de diâmetro que se formou na Rodovia Vereador José Berto, deixando uma morte e quatro feridos, o acidente acarretou o desmoronamento do asfalto, devido ao solo ter cedido. É de se ressaltar o alto índice de investimentos para as manutenções em rodovias do país. Em 2018, 56% dos 7,5 bilhões de reais investidos pelo Governo Federal para rodovias, foram usados para manutenção, contra pouco menos de 15% destinados à construção (MINISTÉRIO DE INFRAESTRUTURA, 2019).

De acordo com Vahan Agopyan (2013) professor e pesquisador da escola politécnica da universidade de São Paulo, a indústria da construção civil é o setor que lidera a exploração dos recursos naturais, sendo responsável pelo consumo de 40% a 75% de toda matéria prima produzida no planeta. Atualmente o consumo de cimento é maior que o consumo de alimento, ficando abaixo apenas do consumo da água. Levando em consideração esta informação, o uso de EPS tornou-se uma das soluções sustentáveis para combater esse fator, além de possuir características que permitem a sua versatilidade.

No ramo da construção civil o uso de EPS destaca-se por possuir a função de ser uma espécie de espuma rígida, sendo aplicada para a realização de molduras, lajes, paredes, concreto ultraleve e até mesmo para a o método geofóam. Sua tecnologia traz a redução dos impactos ambientais gerados por nossa indústria.

Esse método construtivo utilizado em aterros de solos moles, estão trazendo pontos positivos em obras de rodovias no Brasil, pois esse material possui um baixo peso específico e alta resistência à compressão, além de acelerar as obras diminuindo o seu prazo de execução e consequentemente gerando uma redução de custos.

Face ao exposto, esse estudo justifica-se a realização da pesquisa acerca da utilização do EPS para a estabilização de aterros em solos moles na construção de rodovias.

2 SOLOS

Pode-se denominar como solo toda camada superficial da terra, ou seja, toda massa natural composta por partículas minerais e orgânicas que vão sendo depositadas em camadas (horizontes) ao longo do tempo, um processo de formação demorado, produto do intemperismo e da decomposição das rochas.

2.1 FORMAÇÃO DO SOLO

Os solos estão ininterruptamente sofrendo com as ações das matérias e energias, sendo assim, um sistema dinâmico, que evolui, se desenvolve e se forma de maneira permanente no ambiente que está. Segundo Salomão e Antunes (1998), o processo de formação do solo ocorre em um longo espaço de tempo, pois, as camadas vão sendo geradas de acordo com a influência de cinco fatores, sendo eles: materiais de origem, clima, relevo, organismos e tempo.

A decomposição da rocha- matriz é o que dá início para formação dos solos, ou seja, é a matriz mineral de um solo, sua composição mineralógica e química é a principal influência das características do solo a qual irá gerar. É preciso ressaltar que a mesma rocha pode ser capaz de originar solos totalmente distintos visto que os demais fatores de formação também influenciam nesse processo.

A atuação do clima na pedogênese está associada principalmente aos atributos precipitação pluviométrica, as taxas de evaporação e a temperatura, tendo em

vista a influência dos mesmos no intemperismo e evolução dos solos (Kampf e Curi, 2012).

O clima principalmente vinculado com a ação da água da chuva e das temperaturas é responsável por grandes alterações físicas e químicas, quando tratamos das altas temperaturas em regiões tropicais por exemplo, podemos ter terrenos com maior profundidade, e déficit de matéria orgânica. Já as precipitações pluviométricas são responsáveis pela dissolução e remoção dos constituintes de rochas e de solos, trazendo maior tendência para solos salinos e pouco profundos.

O relevo é considerado um importante fator na formação do solo, pois é responsável pelo controle de toda dinâmica dos fluxos de água na paisagem, como lixiviação de solutos, atuação de processos erosivos e condições de drenagem (Anjos et al., 1998).

Apresenta grande influência nos processos de erosão e sedimentação, principalmente por o mesmo interferir diretamente no movimento da água, e quando se faz muito presente em determinada região a permeabilidade se torna baixa, visto que se é perdido com escoamentos laterais, gerando solos pouco desenvolvidos e rasos.

A matéria orgânica sobre o solo e a sua decomposição pela ação da fauna é responsável pela infiltração de água que conseqüentemente minimiza a erosão, no escurecimento dos horizontes e na contenção de nutrientes para o desenvolvimento de plantas. Essa matéria contribui de forma efetiva para a evolução do solo e seu aprofundamento, os tornam inclusive mais estáveis.

O fator tempo apresenta uma relação não apenas de cronologia, mas também formação, de maturidade e evolução (Kampf e Curi, 2012)

Por fim, o tempo, considerando que os solos estão em desenvolvimento contínuo e dependem das influências de muitos fatores locais. Áreas geológicas mais recentes provavelmente apresentaram um solo mais jovem e raso, em contrapartida regiões que passaram mais tempo aos efeitos de agentes

intempéricos podem apresentar solos mais profundos e quimicamente mais alterados.

Todo o processo de formação do solo dá origem as suas camadas que podem ser chamadas também de horizontes do solo, sendo eles em quatro horizontes quando bem desenvolvidos, do mais superficial até a rocha matriz, apresentando composições de diferentes partículas que geram suas características morfológicas e que irão definir o seu tipo. Toda essa classificação de solos é definida de acordo com alguns critérios, que podem acontecer em campo ou laboratório, de forma visual ou tátil, procura-se sempre criar classificações para que seja viável o agrupamento de solos com características parecidas. Para Salmão e Antunes (1998), conseguimos reunir as classes de solos em três grupos sendo eles: solos minerais não-hidro mórficos, solos hidro mórficos minerais e outros solos.

Abrange solos minerais não-hidro mórficos, aqueles com ótima condição de drenagem e que não sofrem com o lençol freático, fazendo parte desse grupo cerca de quatorze tipos de solos. Próximo ou em zonas saturadas é encontrado a classificação hidro mórfica, que são todos os solos que sofrem com excesso de umidade e a proximidade do lençol freático, e por fim outros solos que englobam areias quartzosas, vertissolos e solos orgânicos.

3 PROPRIEDADES DO SOLO

Os solos são formados a partir da desagregação de rochas, através de reações físicas ou químicas. O processo físico pode ser a erosão pela ação do vento, da água ou de geleiras, ou a desintegração causada pela crioclastia.

As partículas de solo resultantes destes processos possuem a mesma composição da rocha de origem e a sua forma pode ser indicada por termos como angular, arredondada, chata ou alongada.

O processo químico resulta em modificações na forma mineral da rocha de origem. O intemperismo químico resulta na formação de partículas cristalinas de tamanho coloidal, conhecidos como minerais argílicos.

“Os tipos de solo existentes variam de lugar para lugar e muitas são as propriedades e características existentes em cada tipo de solo.” (CRAIG, 2007).

As partículas do solo possuem tamanhos diferenciados, podendo estas partículas ser visíveis a olho nu, como por exemplo, grãos de areia, ou serem muito pequenos ao ponto de tornarem uma pasta quando em contato com a água, como no caso das argilas (CRAIG, 2007).

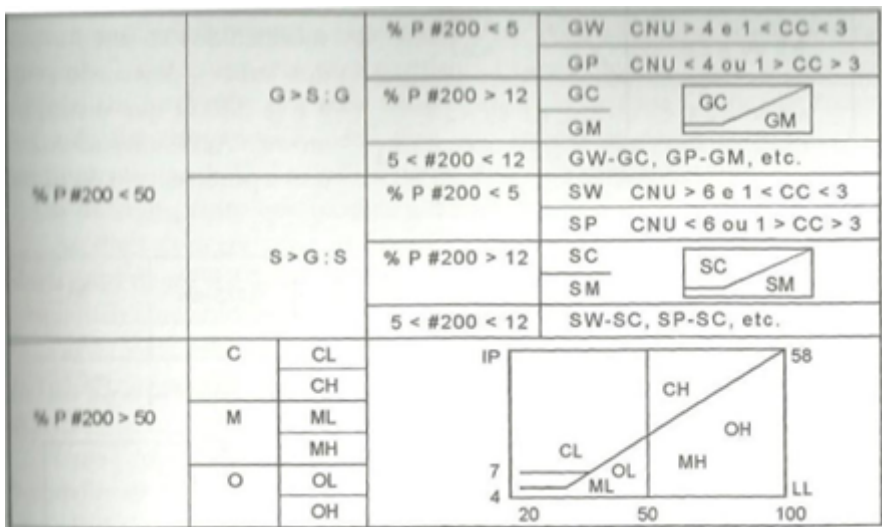
3.1 Classificação dos Solos

O objetivo de classificar o solo é para que seja estimado os prováveis comportamentos do solo, facilitando a análise e orientando através de critérios necessários para a investigação, separando-os em grupos que apresentam comportamentos similares. Através disto de acordo com Pinto (2006), existem várias maneiras de classificar um solo, podendo-se levar em consideração a origem, a presença ou não de matéria orgânica, estrutura, granulometria, índices de Atterberg, entre outros.

3.2 Classificação Unificada

Neste sistema de classificação o primeiro aspecto a considerar é a quantidade de finos presentes no solo, ou seja, todo o material passante pela peneira nº200 (0,075mm). Todos os solos poderão ser identificados pelo conjunto de duas letras.

Figura 1: Esquema para classificação pelo sistema Unificado



A primeira letra indica a característica do solo, podendo ser: G (pedregulho), S (areia), M (silte), C (argila) ou O solo orgânico, e a seguinte complementa as informações, sendo: W (bem graduado) P (mau graduado) H (alta compressibilidade), L (baixa compressibilidade) Pt (turfas). Se o material que passar pela peneira for inferior a 50% do total, o solo será considerado como solo de granulação grossa.

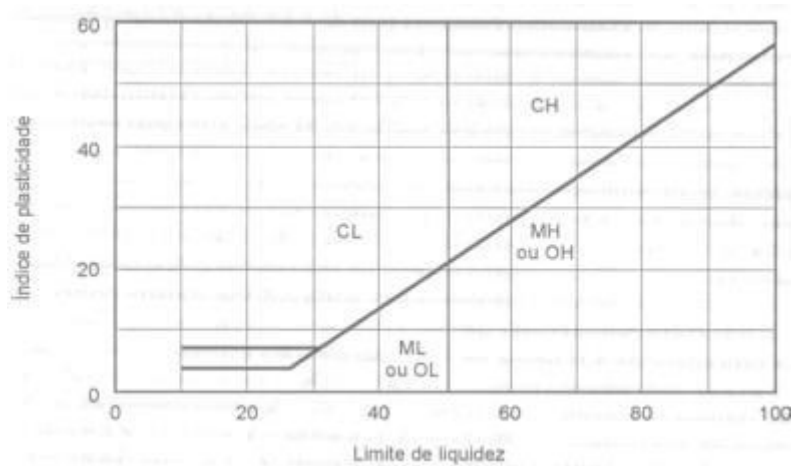
Para definir se será classificado como pedregulho ou areia, é necessário verificar qual das duas frações granulométricas irá predominar. Após identificado como areia ou pedregulho, é importante conhecer sua característica secundária, ou seja, se o solo possuir menos de 5% de materiais finos passando pela peneira nº200, deve-se verificar qual é a sua composição granulométrica. Estes solos podem ser “bem graduados” ou “mal graduados” (PINTO, 2006).

Os solos são considerados “bem-graduados” quando nele existem grãos com diversos diâmetros, o que proporciona melhor comportamento sob o ponto de vista da engenharia, já que os grãos menores preenchem os espaços existentes entre os grãos maiores. Essa característica é dada pelo “coeficiente de não uniformidade”, descrito pela seguinte equação:

$$D_{60} / D_{10} = C_u$$

Onde D₆₀, é o diâmetro abaixo do qual se situam 60% em peso das partículas. D₁₀ é o diâmetro que na curva granulométrica corresponde ao percentual de 10%

Figura 2: Carta de Plasticidade



Fonte: Craig, 2007

Segundo o sistema unificado, para considerar um pedregulho bem graduado, este deve apresentar um CNU superior a 4; já uma areia deve apresentar seu coeficiente superior a 6. Caso o valor de material passante a peneira nº200 seja superior a 50%, o solo analisado será considerado de granulação fina: silte, argila ou orgânico. Para determinar se um solo é argiloso devem ser observados o Limite de liquidez e o Índice de Plasticidade, conforme apresentado na Carta de Plasticidade da Figura 6. (PINTO, 2006).

4 CLASSIFICAÇÕES E INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICAS

Os solos são classificados de acordo com Pinto (1998), em dois grandes grupos, dentre estes, os solos residuais e os solos transplantados.

4.1 SOLO RESIDUAL

Os solos residuais são formados através da decomposição das rochas, mas que se mantiveram no próprio local onde formaram. A ocorrência deste tipo de solo predomina quando a velocidade de remoção dos agentes externos são menores do que a capacidade de decomposição da rocha.

Desta forma de acordo com Nunes (2010), a importância da indicação da rocha de origem permite conhecer as propriedades físicas deste solo. Geralmente, é um solo heterogêneo, o que torna difícil a determinação de suas características através de ensaios em laboratórios, mas observando grandes massas deste solo,

observa-se a probabilidade de encontrar massas que apresentam os mesmos parâmetros de comportamento.

As amostragens deste tipo de solo eliminam as tensões existentes no terreno, não sendo possível estimar com precisão informações sobre o coeficiente de empuxo. O solo residual maduro apresenta perda de toda a estrutura da rocha-mãe, tornando-se um solo homogêneo, enquanto o solo *saprolítico* apresenta estrutura original da rocha de origem, mas deixa de possuir a consistência de rocha (PINTO, 1998).

4.2 SOLOS TRANSPORTADOS

Os solos transportados são solos que foram transportados do seu lugar de origem através de algum agente de transporte, seja ele, vento, água, derretimento de geleiras ou a gravidade.

Os solos coluvionares são formados através de escorregamentos por efeito da gravidade e possuem massa muito diversificada, já os solos aluvionares são solos que foram transportados através da ação das águas e a sua formação depende da velocidade das águas no momento da deposição. A ação do vento pode transportar partículas de areia e silte, formando depósitos eólicos que, devido ao atrito do material, formam superfícies arredondadas (NUNES, 2010).

4.3 SOLOS ORGÂNICOS

Os solos orgânicos possuem uma grande quantidade de matéria decorrente da decomposição de animais e vegetais e, geralmente, são classificados como argilas ou areias finas. São de fácil identificação devido à cor escura e o odor característico, muito forte. Devido aos materiais orgânicos em decomposição apresentam elevados índices de vazios, geralmente apresentam baixa capacidade de suporte, e são bastante deformáveis com carregamentos externos.

4.4 IDENTIFICAÇÃO DO SOLO IN LOCO

A identificação do tipo de solo consiste na descrição perceptível da amostra do solo, como a textura, a cor e a presença de minerais evidentes através de simples análise baseada, principalmente, nos sentidos do profissional, ou através de instrumentos simples ou rudimentares. O principal objetivo deste processo é distinguir solos arenosos de argilosos. (NUNES, 2010).

Sendo assim, ainda de acordo com Nunes (2010), a realização de testes pode ser feita por vários métodos, dentre elas, através do teste visual, teste do tato, teste de corte, teste da resistência seca, teste de desagregação submerso e teste de dispersão em água.

- Teste visual: realizado através da observação do tamanho, cor e características mineralógica do solo, é possível verificar se é um solo fino ou grosso (NUNES, 2010).
- Teste de tato: O teste do tato permite que, com o solo em mãos, ao apertá-lo ou friccioná-lo pode-se notar se um comportamento mais “áspero” nos solos arenosos ou mais “macio” em solo argilosos (NUNES, 2010).
- Teste de corte: Ao cortar um pedaço de terreno com uma lâmina fina pode-se identificar que se a superfície estiver “polida” ou lisa trata-se de um solo com comportamento argiloso, sendo “fosca” trata-se de solo com comportamento arenoso (NUNES, 2010).
- Teste de resistência seca: Consiste em tomar um pedaço do solo seco (torrão) nas mãos e tentar desagregá-lo com os dedos. Se a resistência for pequena trata-se de um solo com comportamento arenoso, se for mais elevada trata-se de comportamento argiloso (NUNES, 2010).
- Teste de desagregação submerso: Ao colocar um pedaço de torrão de solo em um vasilhame com água sem que ele fique completamente imerso: se a desagregação for lenta trata-se de um solo com comportamento argiloso, se acontecer rapidamente o solo possui comportamento siltoso (NUNES, 2010).
- Teste de dispersão em água: Para realizar este teste é necessário desagregar um pequeno pedaço de solo e colocar em um recipiente de vidro que contenha água. Agita-se o conjunto e deixa-o em repouso, observando o tempo necessário para a deposição da maior parte das

partículas no fundo do vidro. Os solos com característica arenosa assentará em pouco segundos, já os argilosos poderão demorar até horas (NUNES, 2010).

4.5 INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICAS E GEOTÉCNICAS

Para executar qualquer edificação é necessário realizar uma investigação geotécnica representativa, com o objetivo de determinar a estratigrafia, classificação do solo, verificar a posição d'água e a medida do índice de resistência à penetração. (NBR 6484, 2001). Por investigações geológico-geotécnicas entende-se a execução de sondagens e de ensaios de campo e laboratório.

Para se executar as sondagens são escolhidos os locais onde ocorrerão os principais esforços devidos os carregamentos. Para o estudo de viabilidade, os pontos variam entre 50 a 100 metros, mas quando os projetos estão definidos conceitualmente, estas distâncias devem ser menores, pois são comuns as variações do tipo de solo e a sua resistência em pequenas áreas.

Na maioria dos problemas identificados nas obras de Engenharia Civil tem-se envolvidas questões relativas a identificação e/ou classificação destes, devido ao fato de que este fator permite enquadrá-los em classes com determinadas características em comum e propriedades peculiares que possam ser utilizadas para prever seu comportamento mecânico. A distribuição granulométrica do solo influi consideravelmente no seu comportamento mecânico, sendo uma informação importante para a sua descrição (NUNES, 2010).

4.5.1 SONDAGEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO A PERCURSÃO (SPT)

As sondagens a percussão objetivam definir a posição do nível de água quando encontrado no solo, a resistência a penetração (N) a cada metro, e determinar os tipos de solo do local. A cada 1,0 metro de perfuração deve ser colhida uma quantidade de solo suficiente para que seja analisada posteriormente, juntamente com a definição do SPT (Standart Penetration Test).

Os recipientes onde as amostras serão guardadas devem conter: designação ou número do trabalho, local da obra, número da sondagem, número da amostra, profundidade da amostra e o número de golpes e respectivas penetração do amostrador (NBR 6484, 2001).

O procedimento de medição do SPT consiste em verificar quantas quedas do martelo (conhecido como “Jorginho”) são necessários para penetrar segmentos de 15,0 cm do total de 45,0 cm do amostrador padrão. O total de quedas necessárias para cravar os últimos 30,0 cm é denominado N. (QUARESMA, 1998).

Schnaid (2000, p.09) definiu que o “ensaio SPT constitui-se em uma medida de resistência dinâmica conjugada a uma sondagem de simples reconhecimento. Nesse ensaio a perfuração do solo é obtida por tradagem e circulação de água, utilizando-se um trépano de lavagem como ferramenta de escavação, sendo que, amostras do solo são coletadas a cada metro de profundidade”.

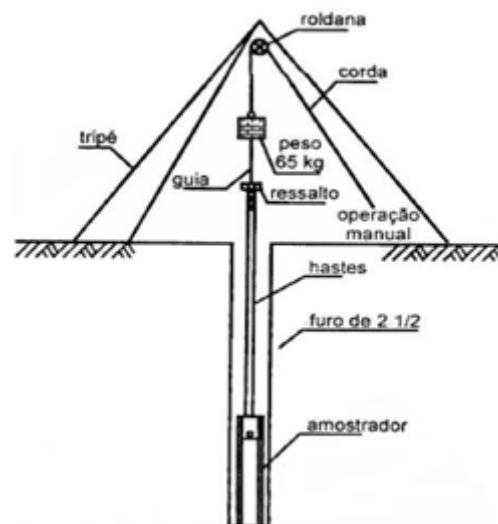
O ensaio é realizado através da utilização de um tripé com roldana montado no local exato da perfuração, a extremidade possui um martelo padrão de 65 kg acompanhado de uma haste guia para melhor exatidão e o alinhamento da ferramenta. Por se tratar de uma superfície vegetal e sem resistência é retirado uma camada de 1 m de solo do local a ser sondado, facilitando assim, o alinhamento do amostrador fazendo com que seja possível a perfuração em prumo.

Ao atingir o nível d'água, é necessário que se faça a retirada do solo através de um sistema de lavagem, onde a água é drenada pelo próprio amostrador que automaticamente vai se aprofundando ao solo, atingindo outras camadas. A análise da camada é feita a cada 45cm (por trechos de 15 cm cada) uma amostragem de um perfil de 1 m, onde o martelo bate na extremidade do amostrador a uma altura padrão de 75 cm, e dessa forma é abordado o número de golpes necessários para que o amostrador desça a cada trecho de 15 cm de solo.

O amostrador é retirado do ponto de sondagem com solo armazenado em sua sonda, no local é feito a coleta da amostra e pré-classificação daquele solo,

definindo se a camada extraída se trata de areia, silte ou argila. A amostra de solo é armazenada e direcionada ao laboratório, para ser devidamente analisada e classificada. O processo de ensaio é repetido até que se atinja a profundidade pré estabelecida em projeto, ou até mesmo que seja impenetrável a sondagem naquele solo, em alguns casos, é determinação da NBR 6484 que “A cravação do amostrador-padrão é interrompida antes dos 45 cm de penetração sempre que ocorrer uma das seguintes situações: a) se em qualquer dos três segmentos de 15 cm, o número de golpes ultrapassar 40; b) se o amostrador-padrão não avançar durante a aplicação de cinco golpes sucessivos do martelo.” (ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS, 2020, p. 23).

Figura 3 : Ensaio SPT



Fonte: Schnaid, 2000

As amostras colhidas, evidentemente comprimidas, possuem a vantagem de se poder medir a consistência e compacidade do solo. A Tabela apresenta a classificação dos solos conforme a resistência a penetração (NUNES, 2010).

Quadro 1 :Classificação dos solos conforme a resistência a penetração

Solo	Índice de resistência à penetração	Designação
Areia e silte arenoso	≤ 4	Fofa
	5 a 8	Pouco compacta (o)
	9 a 18	Medianamente compacta
	19 a 40	Compacta (o)
	> 40	Muito compacta (o)
Argila e silte argiloso	≤ 2	Muito mole
	3 a 5	Mole
	6 a 10	Média (o)
	11 a 19	Rija (o)
	> 19	Dura (o)

Fonte: Pinto, 2006.

4.5.2 CPTU

Ao se referir em ensaios de campo, em específicos em obras de solos moles, os ensaios que possuem maior aplicabilidade para este tipo de solo e classificados como ensaios complementares, são os de piezocone e de pressiómetro autocravante (JAMIOLKOWSKI E OUTROS, 1985)

O CPTU (piezocone penetration test), é um ensaio designado para definir o esforço necessário para a cravação de um solo. Um ensaio que além de medir a resistência de penetração se destaca por medir a poropressão em solos moles.

O equipamento utilizado para o ensaio precisa ser devidamente ancorado no local de perfuração para que não ocorra a locomoção do mesmo durante a cravação da ponteira cônica no solo. O ensaio consiste em uma cravação contínua por prensa hidráulica a 2cm/s, onde hastes são adicionadas a cada 1m e a leitura é obtida de cada 10 a 50 mm.

Sendo assim, através do CPTU, se obtém resultados das características de um solo ao longo de toda sua profundidade, destaca-se por sua boa trabalhabilidade em solos de diferentes tipos, além de uma maior precisão de resultados devido ao ensaio não possuir influências de operação manual e por possuir relatórios mais detalhados.

5 ATERROS

De acordo com o departamento de estradas do estado do Paraná (ES-T 06/18) os aterros são um segmento no qual requer o depósito de materiais, oriundos dos cortes ou empréstimos de solo com a finalidade de se obter a configuração de terreno desejada.

Os aterros podem ser classificados de acordo com o seu porte. Os aterros de pequeno porte podem ser executados de acordo com o responsável pela obra, entretanto os aterros de grande porte têm sua execução normatizada pela ABNT NBR5681 – controle tecnológico na execução de aterros em obras de edificações.

5.1 Execução dos aterros

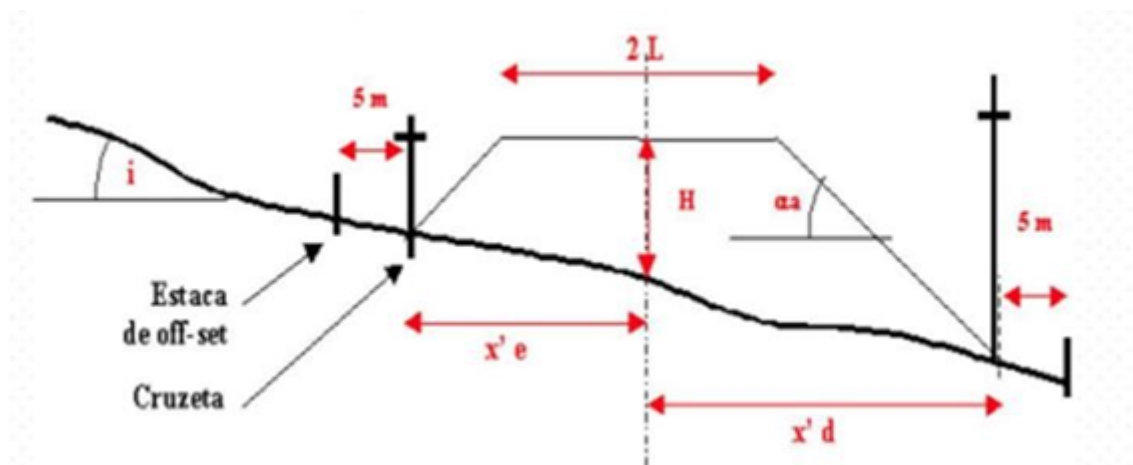
Locação da topografia de um aterro:

Para dar início a construção de um aterro se faz necessário a marcação inicial dos pontos de “off set” dos aterros. Os pontos de “off set” são os pontos gerados através das linhas de encontro de um talude, com o terreno natural, ou seja, são os pontos das linhas horizontais dos taludes com as curvas de nível.

A linha superior do “offset” é chamada de crista do talude, já o “offset” inferior é chamado de pé do talude.

Quando temos os aterros com declividade constante, ou seja, quando é possível definir o ângulo de inclinação de um talude, podemos usar para calcular as linhas de offset a expressão a seguir:

Figura 4 :Elementos para a locação dos aterros



Fonte: Manual prático de escavação

Para Hélio de Souza e Guilherme Catalani (2007) a execução dos aterros é a fase na qual requer maior atenção no que se diz respeito às técnicas e procedimentos recomendados, pois a má execução desse processo traz consequências onerosas ao construtor e ao usuário daquela obra.

Quando falamos da execução de um aterro, a maior preocupação se torna obter a massa especificadas pela obra em questão, para que isso seja possível faz-se necessário o seguimento de alguns critérios como:

- O início de uma obra de aterro deve-se começar pela camada inferior, sempre na horizontal;
- Deve-se prever um caimento lateral para o escoamento das águas pluviais, para evitar o empoçamento de água em qualquer ponto da obra;
- A execução do aterro propriamente dita pode ser classificado primeiramente no lançamento do material, espalhamento e regularização desse material e por fim a sua compactação. Sempre que possível essas etapas devem ser escalonadas, de maneira que haja uma flexibilidade e um maior rendimento da produção, minimizando as interferências meteorológicas e possíveis falhas mecânicas.
- Quando há previsão de chuvas ou após um longo período de chuvas a preocupação com a execução do aterro, torna-se maior, pois aumenta o teor de umidade do solo acima da ótima recomendada, isto acaba gerando problemas de compactação. Nesses casos com a incidência de raios solares

e o aumento da temperatura o teor de umidade tende a ser estabilizado, mas em solos argilosos a estabilização do teor de umidade é um pouco mais morosa e é indicado que a evaporação seja feita através de equipamentos de indução, como por exemplo: arados, grades e lâmina motoniveladora.

Caso as chuvas ocorram após a compactação do material, após a secagem pode-se utilizar o rolo liso ou pneumático para selar essa camada, esse procedimento torna a percolação de água seja retardada.

5.1.1 Controle topográfico da execução dos aterros

De acordo com o departamento Nacional de Estradas de Rodagem as estacas de “offset” deverão ser colocadas a cinco metros do ponto exato, para estabelecer maior segurança. Sempre aos pés dos taludes são fixadas as cruzetas de marcação, que servem como uma espécie de controle de altura do aterro. As cruzetas servem também como a indicação de altura da plataforma do talude em relação aos pontos de “offset”, podendo ser calculados pela expressão abaixo:

$$\frac{He}{X'e - L} = tg\alpha' \text{ ou } He = (X'e - L)tg\alpha'$$
$$\frac{Hd}{X'd - L} = tg\alpha' \text{ ou } Hd = (X'd - L)tg\alpha'$$

Em casos de aterros com a altura elevada, as cruzetas devem ser escalonadas até atingir a cota mais alta do aterro (greide do projeto).

Para garantirmos os controles do talude, o departamento nacional de estradas de rodagem estabelece como margem de erro aceitável +/- 5cm entre as cotas da plataformas do aterro em relação às cotas do projeto. Este controle pode ser feito através de um teodolito e mira graduada.

5.2 Estabilidade dos aterros

As operações de aterro compreendem a descarga, espalhamento e a compactação dos materiais escavados, para confecção do corpo e da camada

final dos aterros propriamente ditos, bem como para substituição de volumes retirados nos rebaixamentos de plataforma em cortes ou nos terrenos de fundação dos próprios aterros (COSTA, 2006).

Mesmo que a compactação dos materiais que compõem o aterro seja feita de forma rigorosa, ou seja, seguindo todos os cuidados técnicos, pode ser que sua estabilidade seja comprometida em decorrência da falta de uma fundação com uma boa base.

Este problema traz como consequência um escorregamento lateral ou um recalque excessivo, o que poderia comprometer a sua utilização.

Os recalques podem ser divididos em três categorias, sendo elas:

Recalque por adensamento, ocorre devido às cargas móveis o peso próprio do material, nas camadas compressíveis, gerando a diminuição de forma gradativa do volume de vazios inicial, devido ao aumento da pressão neutra, ocasionando o adensamento da camada, gerando recalques.

Adensamento por afundamento ocorre quando a camada tem baixa capacidade de suporte, gerando um deslocamento de matéria na vertical, afundando por igual em terrenos de solo mole, dando origem à expulsão lateral desse material, formando bulbos.

A ruptura por escorregamento ocorre quando o aterro é construído sobre uma camada muito mole com baixa resistência ao cisalhamento que se apoia em uma cama mais resistente. Em casos com forte incidência de precipitações, o aumento da pressão hidrostática, devido a elevação do lençol freático expondo o aumento da pressão neutra, o que reduz de forma progressiva a resistência ao cisalhamento, afetando o aterro, levando-o a ruptura.

5.2 .1 Compactação do aterro

Operação por processo manual ou mecânico, destinada a reduzir o volume de vazios de um solo ou outro material, com a finalidade de aumentar-lhe a massa

específica, resistência e estabilidade (ARTENIS, 2017)

Para cada tipo de solo, se faz necessário um equipamento de compactação diferente o que torna o processo de escolha de qual equipamento deve ser utilizado ainda mais complexo. Mas existem alguns princípios que norteiam essa escolha, a partir da caracterização dos três principais grupos dos solos, que são estão divididos em:

1. Solos coesivos: Solos nos quais possuem predominância de partículas finas (silte e argila), nos quais sua força interna de coesão desempenha um grande papel;
2. Solos Granulares: Solos em que a coesão interna se torna pouca ou inexistente entre os grãos, devido ao atrito interno que ocorre entre eles;
3. Solos mistos: Solos em que não apresentam características típicas, pois possuem solos granulares e solos coesivos em diferentes proporções.

Em solos coesivos somente elevadas pressões estáticas são capazes de gerar esforços internos, que vencem a resistência contrária gerada pelas forças coesivas. Os equipamentos tipo pé de carneiro são excelentes aliados para a compactação deste material, pois o seu elevado peso próprio produz o efeito de amassamento aliado a grandes pressões estáticas, sendo o mais indicado para essa compactação. Já em solos granulares a vibração se torna mais indicada, pois é possível obter com facilidade a acomodação das partículas, produzindo o aumento do atrito interno, diminuindo o número de vazios.

Para solos mistos a determinação de um equipamento específico torna-se um desafio devido a presença de solos coesivos e granulares de proporção indefinida, nesses casos não convém prefixar um equipamento específico, sendo aconselhável testes de diferentes equipamentos para garantir uma compactação mais eficaz.

Quadro 2 :Equipamentos – Apostila Construção de Estrada II



Quadro 3 :Tipos de Rolos – Apostila Construção de Estrada II

Escolha do rolo compactador				
TIPO DE ROLO	PESO MÁXIMO (toneladas)	ESPESSURA MÁXIMA APÓS COMPACTAÇÃO	UNIFORMIDADE DA CAMADA	TIPO DE SOLO
Pé de carneiro estático	20	40 cm	Boa	Argilas e siltes
Pé de carneiro vibratório	30	40 cm	Boa	Misturas de areia com silte e argila
Pneumático leve	15	15 cm	Boa	Misturas de areia com silte e argila
Pneumático pesado	35	35 cm	Muito boa	Praticamente todos
Vibratório com rodas metálicas lisas	30	50 cm	Muito boa	Areias, cascalhos, material granular
Liso metálico estático, 3 rodas	20	10 cm	Regular	Materiais granulares, brita
Rolo de grade(malha)	20	20 cm	Boa	Materiais granulares ou em blocos
Combinados	20	20 cm	Boa	Praticamente todos

Fonte: Gil Carvalho Paulo de Almeida

5.2.2 Fatores de influência no processo de compactação

Em função da diversidade de solos e de equipamento de compactação existentes, a compactação torna-se um processo difícil de predeterminar com segurança uma forma específica que seja rápida, segura e econômica. Para uma determinação mais assertiva é necessário conhecer os fatores que influenciam na compactação de solos, sendo a energia de compactação gerada, a umidade do solo, o número de passadas, a velocidade de rodagem e a homogeneização das camadas.

- Energia de compactação:

O adensamento do solo está ligado diretamente com a energia do compactador para o solo, depende da pressão aplicada, o número de espessuras e o número de camadas existentes. De acordo com Ricardo e Catalani (2007) se desejamos aumentar o nível de adensamento é necessário aumentar o peso próprio e o número de passadas do equipamento, mas diminuindo a velocidade de rolagem e a espessura das camadas.

- Umidade do solo:

Como visto anteriormente este fator possui grande influência na compactação das camadas, pois os solos naturais podem trazer consigo um teor de umidade muito inferior, em épocas de pouca chuva ou um teor de umidade super elevado, em casos de épocas de chuva.

Muitas vezes, por mais que o compactador seja capaz de fornecer a energia necessária, talvez não se consiga atingir o peso específico máximo. Nesses casos o teor de umidade deve ser corrido, em caso de solos muito secos, pode-se fazer a irrigação das camadas e em solos muito saturados é recomendado fazer a aeração do solo, esses procedimentos devem ser repetidos até que se atinja a o teor de umidade desejado.

- Números de passadas:

É um fator no qual influencia diretamente no tempo de execução do serviço e no seu custo, conseqüentemente é louvável determinar o número de passadas mínimas, capazes de obter a densidade máxima desejada, levando em consideração o as condições de umidade ótima.

É adotado inicialmente o número de passadas, mas refere-se apenas a uma estimativa, este número pode ou não ser confirmado em testes em campo. Quando se é usado o rolo vibratório, comumente utilizado em solos granulares, quando é atingido o grau de adensamento necessário, mas seguem com a rolagem, pode dar origem a um problema chamado “supercompactação”, isto ocorre quando o solo já atingiu o seu grau de compactação e não aceita mais a

energia que recebe do rolo, devolvem-no para o seu emissor podendo gerar danos ao equipamento devido aos impactos e vibrações.

- Espessura da Camada:

Quando falamos sobre custo é preferível que a espessuras das camadas sejam a maior possível, mas o custo não é o único fator determinante para a espessura das camadas.

É preferível a fixação de espessuras menores, com a finalidade de garantir a compactação uniforme de toda a camada.

Em materiais siltosos ou argilosos, usando pé de carneiro é recomendado que a espessura não ultrapasse 20% da altura da pata do rolo, já quando se faz o uso do rolo pneumático a sua espessura deve ser a menor possível, pois suas tensões verticais diminuem rapidamente. Para Ricardo e Catalani (2007) o que realmente importa quando o assunto é a espessura da camada, é que sua homogeneidade seja garantida.

- Homogeneização da camada:

É importante que na camada solta, não contenha torrões muito secos, blocos ou fragmentos de rocha. Este requisito torna-se importante quando precisamos aumentar o teor de umidade, para se atingir o estado ótimo em toda a camada de forma uniforme.

- Velocidade de rolagem:

Com o material solto oferecendo alta resistência ao rolamento, é recomendado que o processo seja iniciado por velocidades menores, pois permite maiores esforços de compactação. Com o adensamento do solo, o impacto da pata no solo acontece com uma incidência menor devido a baixa penetração dela no solo, nessa fase faz-se necessário o uso de velocidades um pouco mais elevadas e menor força de tração.

Já quando usamos os equipamentos vibratórios, usamos menores velocidades, para garantir que o efeito gerado pela vibração se torne cada vez maior, aumentando a profundidade das camadas atingidas.

5.2.3 Controle de compactação

Para determinarmos o teor de umidade no solo, temos o processo “Speedy Moisture Test”, no qual é comumente utilizado em estradas, entretanto, esse procedimento requer que seja realizado uma calibração e comparação com o método estufa. Nesse procedimento se faz necessário o cuidado com temperaturas muito diferentes de 20C, devido a possíveis erros de zeragem.

O departamento de estradas de São Paulo recomenda que os procedimentos de aeração ou umidificação da camada, ocorram somente após a regularização das cotas através de escoriações ou regularização da superfície. Os resultados obtidos nesse teste deverão ser acompanhados e os procedimentos de aeração ou umidificação deverão continuar até que se obtenha um teor de umidade que não seja diferente da ótima.

O grau de compactação de um aterro depende da massa específica aparente no “in situ”. Este método é determinado de acordo com cada tipo de solo compactado. Os métodos mais famosos para a determinação do grau de compactação é o método do óleo grosso, em casos de solos coesivos com a presença de torrões, o método do frasco de areia em qualquer cenário e o método do cilindro de cravação que é utilizado quando o solo é coesivo, mas não existe a presença de grandes torrões.

5.3 Aterros Sobre Solos Moles

De acordo com Ricardo e Catalani (2007) os aterros em solos moles antes de serem executados necessitam de alguma medida para a sua estabilização. Com o avanço da engenharia diversos métodos para a solução deste problema vêm sendo desenvolvidos, no entanto, a solução pode ser por diversas vezes muito onerosa obrigando o projetista a optar por métodos mais econômicos para a obra.

Atualmente contamos com diversos métodos para a resolução do desafio gerado pela a execução de aterros em solos moles, mas existem métodos que são os mais utilizados, falaremos sobre cada um deles.

5.3.1 Remoção de solo de má qualidade e substituição de solos moles

Conforme dito por Almeida e Marques (2009) A substituição de aterros de solos moles, consiste na retirada total ou parcial de material e a imediata colocação de um novo aterro em substituição ao solo mole.

Para Ricardo e Catalani (2007) esse tipo de processo é aplicável quando a camada de solo de má qualidade possui uma espessura consideravelmente pequena e pode ser encontrada logo abaixo a uma camada de bom suporte. Para camadas de até 3m essa solução torna-se mais econômica e rápida, se comparada a outros métodos.

Para este caso as escavações ocorrem sobre a camada topo, na qual, geralmente apresenta uma camada de suporte minimamente aceitável, devido a possuir um teor de umidade baixo naquele nível. À medida que a escavação prossegue gerando um aumento da profundidade o material ali presente, torna-se muito mole, principalmente caso seja atingido o nível do lençol freático.

Caso o uso de equipamentos seja inviável se faz necessário que a recomposição desse material seja arenoso, para garantir a percolação de água pela camada, sendo possível a sua compactação. No entanto, com as bombas de sucção podemos conseguir o rebaixamento do lençol freático, permitindo a utilização de equipamento de compactação de solos citados anteriormente.

Este método possui como vantagem a agilidade de execução e a garantia de homogeneidade do aterro, pois é possível identificar se todo o material de má qualidade foi retirado do local.

5.3.2 Deslocamento do material instável

Em casos em que se tem uma camada de solo muito mole, na qual a passagem das máquinas é impossibilitada ou que se tem uma espessura muito grande, fazendo com que a remoção desse material se torne onerosa e inviável, a adoção de outros métodos se faz necessário.

Podemos utilizar o peso próprio do material instável com a finalidade de promover o deslocamento desse material para as laterais, devido a mobilização das tensões de cisalhamento que se tornam maiores que a capacidade de resistência desse material.

Com a expulsão da camada instável, o material presente no aterro, tende a ceder, ocupando o espaço que antes tínhamos a presença de solo mole. Esta porção de solo deslocado fica acima da cota do terreno natural, devido a formação de bulbos em sua lateral.

Para que tenhamos sucesso, este procedimento requer algumas repetições para que ocorra a expulsão total da camada mole até que se encontre um solo com um teor de umidade desejado.

Este procedimento tem como desvantagem o consumo excessivo de terra, gerando um custo altíssimo para a obra. Além, de o controle de homogeneidade da camada não ser 100% acertado, sendo comum a presença de sobras de material instável em alguns pontos do aterro, podendo prejudicar o comportamento do mesmo, sem a possibilidade de remoção desse material.

A remoção desse material pode ser feita também através de explosivos. A detonação com o uso desse procedimento provoca em sua massa uma onda de choque, onde a energia dissipada é superior a resistência do material, gerando a sua expulsão. A adoção deste método pode ser feita quando a camada mole possui um suporte maior, sem gerar o escorregamento lateral, tornando o método de expulsão não aplicável.

5.3.3 Monitoramento de aterros sobre solos moles

Dentre os principais objetivos do monitoramento dos aterros sobre solos moles são verificar as premissas de projeto, auxiliar o planejamento das obras, principalmente no que concerne à sua segurança nas fases de carregamento e descarregamento, e garantir a integridade de obras vizinhas (Almeida e Marques, 2007)

O monitoramento de aterros tem como objetivo principal, estabelecer um coeficiente maior de segurança, visto que o fator de projeto é baixo nesse tipo de obra. Para que seja seguido fielmente os objetivos de monitoramento devem estar presentes no programa de monitoramento do aterro em questão.

Por diversas vezes não é possível identificar durante a fase de projeto a heterogeneidade de cada camada, gerando como consequência a ineficácia da determinação do coeficiente de adensamento vertical de projeto deste aterro. Com a realização correta do monitoramento é possível realizar as correções necessárias deste coeficiente.

5.3.4 Placas de recalques

As placas de recalque são os componentes mais simples existentes em projeto de instrumentação, essas placas têm por objetivo principal aferir o deslocamento vertical do aterro.

São constituídas a partir de uma chapa quadrada de aço galvanizado, essas hastes possuem roscas em suas extremidades para garantir o seu prolongamento durante o processo de alteamento do aterro, após este processo a haste é acabada na parte da crista com uma calota esférica, permitindo o apoio da mira topográfica. Em alguns casos a proteção desta haste se faz necessária, permitindo assim, a compactação de solo em torno da placa. Devido a falta de garantia de integridade dessas hastes é comum que sejam instalados durante este processo mais placas do que o necessário.

5.3.5 Perfilômetros

Os perfilômetros são instrumentos de medição utilizados com a finalidade de medir superfícies, permitindo o acompanhamento do perfil de recalques contínuo ao longo de uma horizontal.

Quando comparado com as placas de recalque, os perfilômetros nos trazem maior vantagem, pois através das placas de recalque são obtidos apenas resultados pontuais desse recalque, no entanto, se os recalques forem muito grandes a passagem da sonda torna-se problemática, tornando o perfilômetro inoperante para esta finalidade.

5.3.6 Monitoramento dos deslocamentos horizontais

O inclinômetro é o instrumento utilizado para medir os deslocamentos horizontais ao longo de uma vertical. O tubo do inclinômetro pode ser metálico ou de PVC, sua instalação pode ocorrer no solo ou em uma camada indeslocável, o mesmo contém ranhuras ao longo do seu comprimento.

Para garantir o alinhamento desse tubo é realizada uma solda com rodas retráteis. As ranhuras do tubo servem também para indicar a direção da leitura em relação à obra. Em obras de aterros sobre solos moles é necessário que a instalação do tubo com as ranhuras ocorra de forma perpendicular ao pé do aterro, permitindo que para grandes deslocamentos sejam lidos na mesma direção do alinhamento de um par de ranhuras.

5.3.7 Medidas de poropressões

As medidas de poropressões são obtidas através de piezômetros, para aterros de solos moles o mais utilizado é o Piezometro casagrande. Na sua ponta há um filtro composto por um tubo de PVC com perfurações, envolvido por geotêxtil com a finalidade de minimizar a colmatação.

Atualmente existem piezômetros elétricos e de corda vibrante, esses instrumentos são mais caros, porém são capazes de transmitir resposta em um tempo mais curto em relação ao Casagrande, pois para que seja possível a leitura através do Casagrande é necessário que ele seja preenchido com água, além de

não interferirem no processo de compactação do aterro em seu entorno, já para o piezômetro Casagrande, esta proteção se faz necessária.

5.3.8 Monitoramento de esforços em reforços com geossistéticos

Os instrumentos empregados nas medidas de esforços em reforços são dimensionados especificamente para a técnica em questão. No Brasil, há poucos relatos de reforços instrumentados para medição de esforços (Almeida e Marques, 2010)

Almeida e Marques (2007) descrevem como é feita a instrumentação de um aterro estruturado sobre estacas, capitéis e geogrelhas. A medida dos esforços de tração em geogrelhas foi realizada com a fixação de três sensores, através de um conector composto por uma barra de aço acoplada a uma esfera, mas tendo a sua movimentação preservada em seu interior em todas as direções. Os sensores precisam ser protegidos por um tubo rígido de PVC após a sua instalação, para garantir a sua eficiência.

6 REFERENCIAL TEÓRICO

6.1 Poliestireno Expandido (EPS)

O EPS é a sigla internacional do Poliestireno Expandido descoberto em 1949, na Alemanha por dois químicos, Fritz Stasny e Karl Buchholz. No Brasil, é mais conhecido como “Isopor”, marca registrada da Knauf que designa, comercialmente, os produtos de Poliestireno Expandido vendidos por esta empresa (ABRAEX, 2021). O produto é resultado químico da polimerização do estireno em água, se tornando um plástico rígido capaz de incorporar-se e moldar-se das mais diversas formas geométricas e que após o seu processo de expansão chegam a aumentar até 50 vezes o seu tamanho, tornando-se uma composição de 98% de ar e 2% de poliestireno.

Figura 5: Processo produtivo



Fonte: Abiquim, 2020

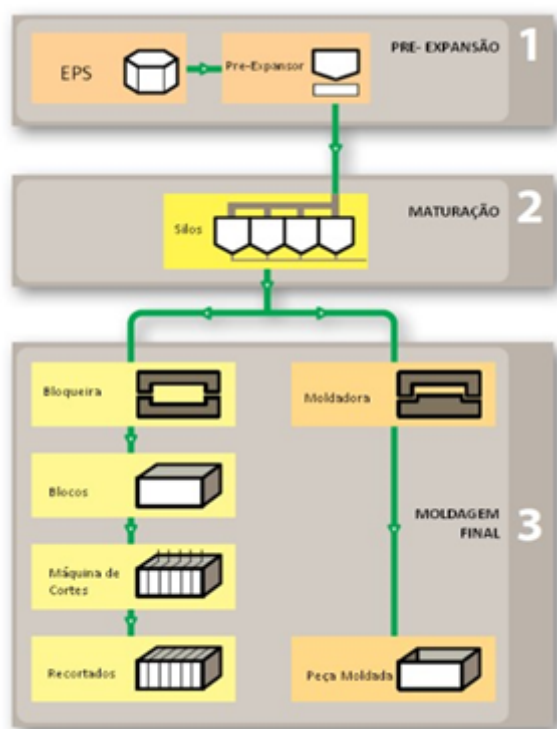
O processo produtivo do EPS não utiliza o gás CFC nem HCFC, dessa maneira, não causa danos à camada de ozônio e não contribui com a formação do gás metano, responsável pelo efeito estufa. Durante a produção a matéria prima é sujeita a um processo de transformação física que não altera suas propriedades químicas.

Segundo (TESSARI, 2006), o processo se dá em três etapas, sendo elas:

1. A pré-expansão: O poliestireno (PS) é expandido, numa primeira fase de préexpansão, através de aquecimento pelo contato com vapor d'água. O agente expansor incha o PS aumentando o volume em 50 vezes o seu tamanho original. Resultando em um granulado de partículas de EPS compostas por pequenas células fechadas, que é armazenado para estabilização.
2. O armazenamento intermediário: o armazenamento é necessário para permitir a posterior transformação do poliestireno expandido. Durante esta fase de estabilização, o granulado de EPS esfria criando uma depressão no interior das células. Durante este processo o espaço dentro das células é preenchido pelo ar circundante.
3. A moldagem: o granulado estabilizado é colocado em moldes e novamente exposto a vapor de água. Ao serem novamente submetidas ao vapor, as pérolas comprimidas no molde voltam a inchar e soldam-se

umas às outras. Na câmara de vapor, o processo de expansão pode ser interrompido por arrefecimento brusco, projetando-se jatos de água fria contra as paredes do molde, buscando uma redução no excesso de pressão, facilitando assim a retirada do produto sem perdas na forma original.

FIGURA 6 :Processo de Transformação



Fonte: ABIQUIM, 2020

Segundo (BRASIL EPS, 2020) como resultado de todo esse processo de fabricação os produtos finais são inertes, não contaminam o solo, água e ar. São 100% reaproveitáveis e recicláveis e podem, inclusive, voltar à condição de matéria-prima.

6.2 Características do Material

O EPS é fácil de manipular, biologicamente inerte, extremamente leve e com alta resistência mecânica, sobretudo à compressão, dessa forma, quando devidamente aplicado, pode reduzir as possibilidades de deformações das camadas moles do terreno, reduzindo o custo de execução de aterros e, facilitando a execução deste tipo de obra em rodovias (MACCARINI 2012, spp.).

Segundo a Comissão Setorial de EPS da Associação Brasileira da Indústria Química (Abiquim) as principais propriedades técnicas para projetos de arquitetura e engenharia são:

Classificação Antichamas: O EPS possui duas classificações, sendo elas P e F. Para construção civil obrigatoriamente é necessário o uso da classe F, pois possui em sua composição um elemento que retarda a propagação de chamas, tornando o EPS auto extingüível. Segundo Veloso Vinicius (2022), isso ocorre porque ele encolhe e acaba retornando ao formato e volume iniciais da matéria-prima quando exposto ao calor elevado.

Massa específica ou densidade: Segundo a Abiquim, quanto maior for a densidade do material, maior será seu conjunto de resistência (compressão, cisalhamento e flexão), favorecendo também os índices de condutividade térmica e absorção de umidade.

Condutibilidade térmica: Devido à grande quantidade de ar presente no EPS, a troca de temperatura entre ambientes se torna baixa, o que o torna um isolante térmico com excelência. Conforme comparativo realizado por Willian Jonathan (2014), o EPS chega a registrar menos 7°C quando comparado com uma construção de tijolo cerâmico.

Resistência a deformação: Quando utilizado em obras de geotecnia, por exemplo, é capaz de apresentar excelentes resultados com relação a resistência a deformação. Segundo Veloso Vinicius (2022), como não há um documento nacional que norteie o uso do EPS em projetos geotécnico, os projetistas costumam adotar o EPS do tipo 5F com densidade mínima de 22 kg/m³, resistência à compressão de 104 kPa e deformação de 10%, seguindo o que indica a ABNT NBR 11.752.

6.3 EPS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Por ser uma das áreas que mais utiliza da matéria prima do mundo, a Construção civil, está cada vez mais em busca de revolucionar suas técnicas construtivas, a indústria segue acompanhando os avanços tecnológicos e vem se

reinventando ano após ano, com o objetivo de diminuir os impactos causados ao meio ambiente e torná-la mais sustentável.

De acordo com a Associação Brasileira do Poliestireno Expandido (2019), o EPS apresenta dentre suas características algumas vantagens, como: baixa condutividade térmica, baixa absorção de água, baixo peso, resistência mecânica, facilidade de manuseio, versatilidade, resistência ao envelhecimento, absorção de choque e resistência à compressão. Tais características possibilitam até mesmo a aplicação em obras de aterros em solos frágeis.

O Poliestireno Expandido (EPS) se popularizou no mundo como uma das soluções para construções sustentáveis. Seu uso na Construção Civil se destaca em função da espuma rígida presente em sua estrutura que é um isolante capaz de suportar variações de temperatura de -50° a $+80^{\circ}$. (MORAES e BRASIL, 2015). Segundo TESSARI (2006) o EPS é muito usado em preenchimento de lajes em função de seu baixo peso específico e resistência e como isolante térmico de alta qualidade, seja de lajes ou de telhados e paredes.

De forma geral, o uso de EPS em obras de Construção Civil proporciona uma redução na mão de obra que executará o serviço, pois, devido a leveza do material, o esforço necessário é muito inferior se comparado a aplicação em cerâmica.

6.4 PRINCIPAIS APLICAÇÕES DO EPS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

6.4.1 Lajes

As lajes são elementos construtivos planos, bidimensionais, construídos de uma largura e comprimento, que muitas vezes funcionam como isolamento e separação de pavimentos, geralmente constituídos de esforços solicitantes verticais. (DORNELES, 2014; p.16). As lajes pré-moldadas, são constituídas por vigotas, elementos de enchimento (EPS ou cerâmica) e uma capa de concreto.

A função do elemento de enchimento nas lajes, nada mais é do que a redução de concreto. No entanto, esses materiais têm participações significativas no peso

próprio da laje e geram perdas, por quebra de elementos e vazamento de concreto, e devido a isso, a leveza e resistência do EPS, faz com que ele apresente os melhores resultados como elemento para a execução de uma laje.

A leveza, aliada à resistência, são características muito favoráveis para utilização do EPS no preenchimento de lajes, podendo ser usado até 10 Kg/m^3 e oferecer 50 KPa nos materiais produzidos. (NBR 11752, 2016). A superfície inferior da laje torna-se bem plana e lisa, permitindo um revestimento com menor consumo de argamassa, porém, recomenda-se um chapisco prévio aditivado com emulsões à base de acrílico ou PVA (ABRAPEX, 2015).

Figura 7: Laje Trelaçada Unidirecional com EPS



Fonte: Sahecc Lajes(2008)

6.4.2. Isolamento térmico

O uso de EPS para isolamento vem crescendo consideravelmente tanto em câmaras construídas em alvenaria como pré-fabricadas. Os painéis pré-fabricados do tipo sanduíche destinados ao isolamento de câmaras com núcleo em EPS podem ser utilizados tanto nas paredes quanto no teto. (TESSARI, 2006, p. 76).

De acordo com (ABRAPREX, 2000) em 1m^3 de EPS, por exemplo, existem de 3 a 6 bilhões de células fechadas e cheias de ar, que lhe garantem suas peculiares propriedades físicas, de extrema leveza e de excelente isolamento térmico acústico. Dentre as possibilidades no uso do EPS, observou-se que em todo o mundo, a mais utilizada ainda tem sido a produção de painéis de vedação e

divisórias. Isso ocorre em função das propriedades de isolamento termo acústico que o mesmo oferece.(MORAES e BRASIL, 2015, p. 05).

6.4.3 Concreto leve

O concreto leve possui praticamente todas as composições de um concreto convencional, mas tem como diferença que ao invés de utilizar a brita, se utiliza perolas de EPS. O agregado substituto é composto por 95% de ar, e é esse fator que torna o concreto leve, o seu uso na mistura de concreto resulta em economia e tem como uma das vantagens a facilidade de manuseio na obra.

As principais características do concreto leve são: Densidade aparente baixa, bom isolamento térmico, pequena absorção de umidade, resistência mecânica para aplicações não estruturais (ABRAPEX, 2015).

O concreto leve é utilizado em elementos não estruturais, ou seja, é aplicado em peças que não recebam grandes esforços, como regularização de lajes já que proporciona um melhor acabamento e facilidade em controle de espessura. Uma outra aplicação é a utilização do concreto para fabricação de painéis de vedação, que servem para substituir parede convencionais, o que ajuda a reduzir o peso das paredes.

Figura 8 :Bloco em concreto leve



Fonte: Isoterm (2016)

6.5 EPS EM ATERRO DE SOLO MOLE

As características dos solos moles, como a baixa resistência à penetração, dificultam as construções, tornando necessário adotar técnicas que permitam ultrapassar essas dificuldades, através da redução da compressibilidade e do aumento da permeabilidade do solo.

Do ponto de vista construtivo os problemas mais comuns são:

1. Tráfego dos equipamentos de construção;
2. Amolgamento da superfície do terreno, devido ao lançamento do aterro;
3. Riscos de ruptura durante a construção;
4. Difícil escavação;
5. Difícil manutenção de acessos.

De acordo com Marangon (2009), a construção de aterros sobre solos moles requer do engenheiro uma série de conhecimentos técnicos que abrangem desde as fases de investigação do terreno e de elaboração do projeto geotécnico propriamente dito, até as de execução e de controle de obra.

Segundo Valerim Jr. (2010), a utilização de blocos de EPS constitui uma ótima solução para aterros em áreas onde o solo apresenta baixa capacidade de carga (solos compressíveis). Para esse tipo de construção algumas vantagens referentes a esse material podem ser observadas:

1. Material leve: a massa específica do EPS pode variar de 10 a 30 kg/m³, o que permite uma redução significativa no peso das construções;
2. Resistência mecânica: o EPS possui elevada resistência à compressão e baixa absorção de água, mantendo suas propriedades térmicas e mecânicas mesmo sob a ação da umidade;
3. Boa trabalhabilidade: o baixo peso do EPS facilita sua movimentação na obra.
4. Versatilidade: os blocos de EPS apresentam inúmeras formas e tamanhos;
5. Resistência ao envelhecimento: as propriedades do EPS são mantidas ao longo do tempo, e são compatíveis à vida útil da construção da qual faz

parte, além disso, esse material apresenta alta resistência à fungos e microrganismos.

6.5.1 Propriedade do material

Como abordado anteriormente, o EPS possui valores variáveis de massa específica, sendo considerado um material extremamente leve. Nesse sentido, Avesani Neto (2009) destaca a importância do rígido controle deste valor nas propriedades mecânicas e hidráulicas do material. Exemplos de correlações que podem ser obtidas com a massa específica do EPS.

6.5.2 Resistência a compressão

A resistência à compressão do EPS é demonstrada por Avesani Neto (2009) através de ensaios de compressão uniaxial realizados com 350 blocos comerciais de EPS utilizados em aterros rodoviários. De acordo com a Tabela 8 pode-se verificar a grande amplitude dos valores de resistência encontrados (50 a 300 kPa) frente a pequena variação da massa específica analisada (10 a 40 kg/m³).

Tabela 1: Estatísticas de todos os ensaios de compressão uniaxial realizadas

Massa específica (kg/m ³)	Resistência (kPa)			Desvio Padrão	Variação (%)
	Máximo	Mínimo	Média		
30	300,21	222,96	264,05	17,21	6,52
20	199,02	139,32	157,62	13,92	8,83
17	127,35	103,38	115,02	7,42	6,45
14,5	87,05	72,31	79,46	5,04	6,35
10	61,98	50,10	55,25	3,05	5,52
10 (reciclado)	59,88	47,57	53,52	2,89	5,40

Fonte: Avesani Neto (2009).

Os blocos de poliestireno expandido (EPS) utilizados na construção civil, teve sua primeira aparição surgiu em 1970 na Noruega, durante a construção da Ponte Flom, o material foi aplicado ao redor da ponte nos aterros que haviam sofrido danos construtivos causado pelo método convencional. Devido sua

acessibilidade, retenção de valores, baixo peso e avanço acelerado em obra, ele foi ganhando espaço e se expandindo através do mundo.

Há mais de 50 anos no mercado, fornecendo estabilidade em solos de condições instáveis, a espuma possui vantagens para substituição de solos, sendo apenas 1% do peso dele. Por ser uma alternativa leve e ideal para preenchimentos, foi através desse método, que o método chegou ao Brasil nos anos 90, tendo como um dos maiores marcos na construção das rodovias BR 101 e BR 110. A fim de aprimorar seu uso, pesquisas referentes ao uso do EPS na construção ainda estão em andamento, com diretrizes e especificações aprimoradas sendo desenvolvidas

(Stark et al., 2004).

O método possui como alguma de suas vantagens principais, a redução do tempo de construção por ser facilmente montado e não exigir o uso de nenhum tipo de equipamento especial, facilidade no transporte, por serem blocos leves eles são fáceis de serem transportados, agilidade de mão de obra e como uma das vantagens principais, é o fato do material ser reciclável, inerte e estável.

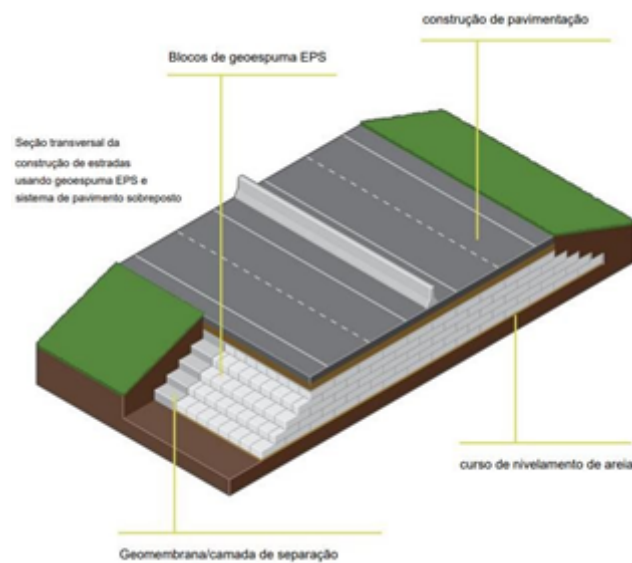
6.5.3 Aplicação dos blocos de EPS em aterros

A aplicação do EPS tem necessidade de um estudo topográfico da área e assim identificando possíveis pontos de alagamento, com a sondagem pode ser detectado o nível do lençol freático. Esse estudo tem o objetivo de evitar que o material com tendência a flutuar, não chegue a danificar a pista. O equipamento é composto de 2% de matéria-prima e 98% de ar, sendo uma excelente característica de produtos flutuantes. Em alguns casos é necessário que as peças de EPS recebam uma base de placa de concreto, solo ou brita sobre ele com carga maior à qual estarão sujeitos, equilibrando o sistema e evitando possíveis patologias.

Sendo manuseada uma camada de areia de 5 a 15 cm para um terreno nivelado, subsequente é colocado os blocos de EPS paralelamente, seguindo a definição da paginação do projeto. A posição deve garantir uma amarração entre os

blocos, de modo a formar uma massa integrada de EPS e minimizar o deslocamento vertical relativo dos blocos (Stark et al., 2004), existe também a necessidade do equilíbrio da primeira camada, podendo ser através de uma contenção lateral com o propósito de impedir sua movimentação para o aumento do coeficiente do atrito entre peças de EPS; e estabelecer as próximas camadas passando ser utilizadas chapas metálicas que ajudam aumentar o atrito entre as peças, evitando que elas escorreguem lateralmente.

Figura 9: Construção de estrada em solos pobres



Fonte: Industry Alliance

Se necessário uma camada de separação pode ser colocada entre o topo do geofoam e o material da pavimentação, essa camada possui a função de melhorar o desempenho e vida útil do sistema, aumentando sua durabilidade. Stark et al. (2004) recomenda que após a conclusão da colocação das camadas de geofoam EPS uma folha de geotêxtil deve ser colocada sobre o leito do EPS para separá-lo do solo. A importância do geotêxtil de cobertura se deve à textura macia do geofoam, que é sensível a danos quando em contato direto com qualquer solo de natureza rugosa (Ghotbi, 2020).

6.5.4 Dimensionamento para realização do aterro com EPS

Para realizar a aplicação de fato do EPS é necessário realizar um estudo de viabilidade e dimensionamento de forma que seja possível obter o melhor

desempenho da estrutura. A análise se inicia com o estudo geológico e geotécnico da área na qual será aplicado o material, em seguida precisamos da definição preliminar da densidade dos blocos de EPS, conhecidos também como geofoam.

“Enquanto a norma técnica brasileira está em preparação, o ideal é lançar mão da norte-americana ASTM D6817 (American Society for Testing & Materials)”, recomenda. Mas, se, por exemplo, o projetista optar por uma densidade intermediária às previstas na ASTM, de 22kg/m^3 e de 29kg/m^3 , ele contará com o suporte técnico do Grupo Isorecort para determinar as propriedades físicas da sua especificação. “Ao invés de aumentar a densidade dos blocos em 30%, o projetista pode preferir, por exemplo, o de 25kg/m^3 – não coberto pela ASTM. Isto exigirá a definição das propriedades mecânicas e hidráulicas do material, como resistência à compressão e à flexão, permeabilidade e absorção de água, entre outras”, afirma Avesani.

Após a escolha do EPS, é necessário entender a geometria da estrutura que será aplicada, como por exemplo, altura do aterro, se terá talude e qual será sua inclinação e a carga projetada dos veículos que irão circular pelo local, deve ser avaliado também se os deslocamentos da estrutura concebida com os blocos de EPS pré-especificados estão aceitáveis. Nessa fase, o projetista verificará inclusive a capacidade de carga do solo natural, a estabilidade de possíveis taludes juntamente com o solo, e a verificação de tombamento. Segundo Orlando (2019) “É possível também fazer a análise de sismo – o que não é comum no Brasil, mas que pode ser necessária em pontos específicos do país”.

Posterior as investigações acima, é necessário certificar se há a possibilidade de flutuação da estrutura, visto que o EPS é um material ultraleve, e caso o nível d'água suba o mesmo pode flutuar. Após esse estudo acontecerá a verificação da possibilidade de deslizamento e de tombamento da estrutura devido à presença de água, a mesma análise é feita mediante a presença do vento. A partir desse momento se inicia a chamada verificação interna, para saber se um bloco pode deslizar sobre o outro. “Nas etapas anteriores, o foco é a resistência do conjunto. Agora, trata-se da resistência de um bloco em relação a outro bloco”, observa

Orlando (2019). Quando todos os itens já apresentados mostram bons resultados no estudo, é necessário partir para o dimensionamento do pavimento e iniciar o controle de qualidade no momento do recebimento em canteiro e a fiscalização da sua colocação no terreno

6.6 OBRA NO BRASIL QUE UTILIZOU O MÉTODO

A solução foi utilizada na duplicação da BR-101 no município de Goiana, Pernambuco, onde consumiu mais 15,7 mil m³ de EPS devido às suas características de baixa resistência mecânica do subsolo. As peças de EPS eram a opção mais viável em termos técnicos, de gasto e rapidez de execução, estima-se que o custo com o uso pode reduzir até 40%.

Figura 10 :Blocos de EPS na rodovia BR-101



Fonte: Gov.br (2015)

7.CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista os aspectos apresentados, no que tange a construção de aterros sobre solos moles, o EPS apresentou-se como uma boa e atual solução para sanar problemas antigos que as obras feitas em solos instáveis apresentavam ao longo dos anos, suas características físicas se provaram resistentes ao envelhecimento e as obras concluídas no Brasil não apresentaram patologias até o presente momento.

As rodovias nas quais o método escolhido foi o EPS se provaram eficientes e com uma série de vantagens quando comparadas ao método convencional, entre elas o tempo de obra, a resistência a compressão e o baixo peso específico do material, sendo interessante salientar que devido à resistência ao envelhecimento o EPS se torna compatível com a vida útil da construção da qual faz parte.

Entre as desvantagens do material é necessário evidenciar que o EPS é um método mais caro, e quando se trata das construções em rodovias, as dimensões dos blocos dificultam o seu transporte e os mesmos ainda podem se degradar com o tempo se entrarem em contato com produtos compostos por hidrocarbonetos, como a gasolina e o óleo diesel.

Com base no exposto acima, conclui-se por fim que se deve analisar o melhor custobenefício para cada obra, identificando a prioridade para aquele determinado momento, e analisando cada detalhe para que não sejam tomadas decisões antecipadas e equivocadas que acarretam custos adicionais no futuro.

REFERÊNCIAS

ABRAPEX. Associação Brasileira do Poliestireno Expandido. O EPS na Construção Civil: Características do poliestireno expandido para utilização em edificações. São Paulo, set. 2017.

CRAIG, R. F. Craig: **mecânica dos solos**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007. 365 p.

VELLOSO, Dirceu de Alencar; SANTA MARIA, Paulo Eduardo Lima de; LOPES, Francisco de Rezende. **Princípios e modelos básicos de análise**. In: HACHICH, Waldemar. **Fundações: teoria e prática**. 2. Ed. São Paulo: Pini, 1998.

NBR 6484. **Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio**. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Rio de Janeiro, 2001.

NBR 8681. **Ações e Segurança nas estruturas-Procedimento.** Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Rio de Janeiro, 2004.

NUNES, Marcus Soares. **Fundamentos de Mecânica dos Solos.** 15. ed. Belo Horizonte, 2010. 53 p.

PINTO, Carlos de Sousa. **Curso básico de mecânica dos solos:** com exercícios resolvidos em 16 aulas. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 355 p.

SILVA, Bruno. Silva. AS DIVERSAS UTILIZAÇÕES DO POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2016

RICARDO, H. S.; G. CATALANI. Manual Prático de Escavação: **Terraplenagem e Escavação de Rocha.** São Paulo: PINI, 2007.

RODRIGUES, Victor. Solo cede e Forma cratera de 15m de diâmetro. O Imparcial Digital, 2017. Disponível em <https://www.imparcial.com.br/noticias/solo-cede-e-forma-cratera-de-15-m-de-diametro,11836>. Acesso em 26/10/2022.

PEDROSO, Hosana. EPS viabiliza a construção rápida de aterros: saiba como. AECweb. Disponível em: www.aecweb.com.br/especiais/grupoisorecort/materia/epsviabiliza-a-construcao-rapida-de-aterros:-saiba-como/19573. Acesso em: 12 de out. de 2022.

APÓS SOLO CEDER EM TRECHO DA BR- 101, HÁ ESTREITAMENTO DE PISTA EM TRÊS CACHOEIRAS. A folhas, 2018. Disponível em <https://afolhatorres.com.br/apos-o-solo-ceder-em-trecho-da-br-101-ha-estreitamentode-pista-em-tres-cachoeiras/>. Acesso em 26/10/2022.

NOGUEIRA, Jamylle. Governo de Amapá inicia asfaltamento da Rodovia Norte-Sul. Amapá Governo do Estado, 2022. Disponível em <https://www.amapa.gov.br/noticia/0410/governo-do-amapa-inicia-asfaltamento-darodovia-norte-sul>

VELOSO, Vinicius. Conheça os três métodos de reciclagem do EPS. AECweb. Disponível em: www.aecweb.com.br/especiais/grupoisorecort/materia/conheca-ostres-metodos-de-reciclagem-do-eps/21343. Acesso em: 05 de set. de 2022

PEDROSO, Hosana. EPS viabiliza a construção rápida de aterros: saiba como. AECweb. Disponível em: www.aecweb.com.br/especiais/grupoisorecort/materia/epsviabiliza-a-construcao-rapida-de-aterros:-saiba-como/19573. Acesso em: 12 de out. de 2022

VELOSO, Vinicius. Conheça 5 propriedades técnicas do Poliestireno Expandido. AECweb. Disponível em: www.aecweb.com.br/especiais/grupoisorecort/materia/conheca-5-propriedadestecnicas-do-poliestireno-expandido/17648. Acesso em: 05 de set. de 2022.

LIMA, Barbara. A utilização do Poliestireno Expandido na construção civil. Nucleo do Conhecimento. Disponível em: www.nucleodoconhecimento.com.br/engenhariacivil/poliestireno-expandido. Acesso em: 10 de agost. de 2022.

O que é EPS. ABRAPEX. Disponível em: abrapex.com.br/01oqueeeeps-html/. Acesso em: 11 de nov. de 2022. O que é EPS. EPS Brasil. Disponível em: www.epsbrasil.eco.br/eps/index.html#:~:text=EPS%20%C3%A9%20a%20sigla%20internacional,registrada%20da%20empresa%20Knauf%20Isopor. Acesso em: 15 de set. de 2022.

VELOSO, Vinicius. Conheça 5 propriedades técnicas do Poliestireno Expandido. AECweb. Disponível em: www.aecweb.com.br/especiais/grupoisorecort/materia/conheca-5-propriedadestecnicas-do-poliestireno-expandido/17648. Acesso em: 05 de set. de 2022.

LIMA, Barbara. A utilização do Poliestireno Expandido na construção civil. Nucleo do Conhecimento. Disponível em:

www.nucleodoconhecimento.com.br/engenhariacivil/poliestireno-expandido.

Acesso em: 10 de agost. de 2022.

O que é EPS.ABRAPEX. Disponível em: abrapex.com.br/01oqueeeeps-html/. Acesso em: 11 de nov. de 2022. O que é EPS. EPS Brasil. Disponível em:

www.epsbrasil.eco.br/eps/index.html#:~:text=EPS%20%C3%A9%20a%20sigla%20internacional,registrada%20da%20empresa%20Knauf%20Isopor. Acesso em: 15 de set. de 2022.

¹Discente(s) do Curso de Engenharia Civil da Universidade São Judas Tadeu,
Campus Mooca – SP.

²Orientador

[← Post anterior](#)

[Post seguinte →](#)

RevistaFT

A RevistaFT é uma **Revista Científica Eletrônica Multidisciplinar Indexada de Alto Impacto e Qualis “B”**. Periodicidade mensal e de acesso livre. Leia gratuitamente todos os artigos e publique o seu também [clikando aqui](#).

Contato

Queremos te ouvir.

WhatsApp: 11 98597-3405

e-Mail: contato@revistaft.com.br

ISSN: 1678-0817

CNPJ: 45.773.558/0001-48



Copyright © Editora Oston Ltda. 1996 - 2022

Rua José Linhares, 134 - Leblon | Rio de Janeiro-RJ | Brasil