



VII SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317-8302

ANÁLISE DA CAPACIDADE DE SUPORTE EM SOLOS FINOS MISTURADOS COM FIBRA DE GARRAFA PET PARA USO EM OBRAS RODOVIÁRIAS

VICTOR MORESCHI QUEIROZ MARIANO
UNICEUB

MARUSKA TATIANA NASCIMENTO DA SILVA BUENO
UNICEUB

Em agradecimento a instituição de ensino superior UNICEUB, Centro Universitário de Brasília.



ANÁLISE DA CAPACIDADE DE SUPORTE EM SOLOS FINOS MISTURADOS COM FIBRA DE GARRAFA PET PARA USO EM OBRAS RODOVIÁRIAS

Resumo

A utilização de fibras em misturas com solos tem se tornado uma tendência promissora nas soluções de engenharia civil. Sabe-se que a sustentabilidade envolve as premissas relacionadas a economia, ao meio ambiente e ao social, dentro destes pressupostos esta pesquisa foi realizada com vistas a utilização de fibras de garrafa PET misturadas com o solo natural para obras rodoviárias tendo em vista reduzir o lançamento destes resíduos no meio ambiente, assim como reduzir os custos no processo de escavação de solos naturais. Sabemos que tais empreendimentos necessitam de grande quantidade de material compactado devido as vastas extensões das rodovias, por isso a utilização de um resíduo que melhore a condição de suporte do solo é fundamental. A mistura estudada foi de 10% de garrafas de PET em relação ao peso do solo. Foram realizados os ensaios de caracterização do solo por meio da granulometria e índices de consistência, assim como a verificação do Índice de Suporte de Califórnia do solo melhorado com a fibra. Percebeu-se que a resistência da mistura atendeu as normas exigidas para esses tipos de obras no aspecto relacionado a capacidade de suporte para o subleito, se tornando uma solução extremamente promissora e sustentável.

Palavras-chave: solo; mistura; compactação; sustentável.

Abstract

The use of fiber in blends with soils has become a promising trend in civil engineering solutions. It is known that sustainability involves the premises related to economy, environment and social, within these assumptions this research was carried out with a view to the use of PET bottle fibers mixed with the natural soil for road works in order to reduce the launch of these wastes into the environment, as well as reducing costs in the process of digging natural soils. We know that such developments require a large amount of compacted material due to the vast extensions of the highways, so the use of a residue that improves the soil support condition is fundamental. The mixture studied was 10% PET bottles in relation to the soil weight. Soil characterization tests were carried out by means of granulometry and consistency indexes, as well as the verification of the California Support Index of the improved soil with the fiber. It was noticed that the resistance of the mixture met the standards required for these types of works in the aspect related to the capacity of support for the subgrade, becoming an extremely promising and sustainable solution.

Keywords: soil; mixture; compaction; sustainable development.



1 Introdução

A associação Brasileira da Indústria do PET (ABIPET) em 2011 informou que a reciclagem desse material aumentou em mais de 4% no Brasil, em relação ao ano de 2010, sendo o Brasil um dos líderes mundiais neste setor. Cerca de 57% do total destas embalagens são descartadas pelo brasileiro. Percebemos com clareza o quanto é promissora a utilização destes materiais pelos diversos setores da sociedade. Dentro da indústria da construção civil são utilizados diversos recursos naturais em abundância, essa atitude aumenta o risco de escassez destes recursos, por isso a real necessidade de pesquisas que utilizem resíduos em substituição ao que somente se encontra na natureza, porém essa substituição deve atender critérios determinados pelas normas técnicas e/ou as exigências dos órgãos de controle de obras.

O Departamento Nacional de Transporte (DNIT) apresenta diversos manuais de projetos que devem ser seguidos para a correta elaboração de projetos rodoviários. No Manual de Pavimentação (2006) são colocadas as exigências para a utilização de materiais compactados para obras rodoviárias para sub-base, base e subleito, conforme segue:

Para subleito: Os materiais do subleito devem apresentar uma expansão menor ou igual a 2% e um CBR maior ou igual a 2%;

Reforço de subleito: características geotécnicas superiores a do subleito demonstradas com a observância dos dados obtidos dos ensaio laboratoriais (ISC, Granulometria, LL, LP);

Para sub-base granulometricamente estabilizada: ISC maior ou igual a 20 e índice de grupo 0 para qualquer tipo de rolamento. Sua expansão deve ser igual ou inferior a 1%;

Para base: Essa camada exige ter limite de liquidez máximo de 25%, índice de plasticidade máximo de 6% e equivalente de areia mínimo de 30%. Sua expansão deve ser menor ou igual a 5%.

Vale-se ressaltar que para base o ISC deve ser maior ou igual a 80% para qualquer tipo de tráfego e sua expansão máxima deverá ser 0,5%. Pode ser adotado um ISC de 60% quando devidamente explicado por motivos econômicos, na de carência de materiais e prevendo-se uma compensação desse pavimento por outro pavimento que irá auxiliá-lo.

Esta pesquisa buscou utilizar um resíduo, a fibra de garrafa PET, que é gerado em grande escala no Brasil em substituição do solo natural, com o objetivo de suprir a necessidade do apropriado descarte deste material assim como atender as premissas de projeto colocadas pelas normas que regem obras desta natureza, conforme parâmetros supramencionados.



2 Referencial Teórico

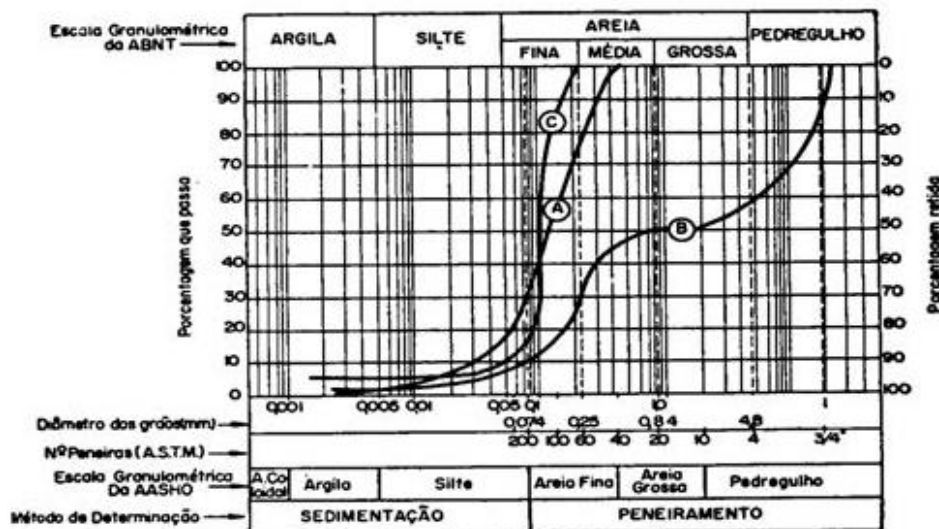
2.1 Tipos de solos

2.1.1 Caracterização dos solos

De acordo com Caputo (1997) “O solo é um material constituído por um conjunto de partículas sólidas, deixando entre si vazios que poderão estar parcial ou totalmente preenchidos pela água. É pois o caso mais geral, um sistema disperso formado por três fases: sólida, líquida e gasosa”. Necessita então de ensaios que permitam determinar o tipo de fração e em quais quantidades se apresenta no material em estudo. O citado autor ainda cita a influência que a granulometria do material pode causar no comportamento físico do solo, ele explica que as dimensões dos grãos está diretamente ligada com seu comportamento com isso é necessário classificar os grãos segundo suas dimensões físicas, sobre a uniformidade e presença de finos.

Os solo e suas dimensões são classificados de acordo com a curva granulométrica sendo uma “granulometria contínua (curva A) ou descontínua (curva B); uniforme (curva C); bem graduada (curva A) ou mal graduada, conforme apresente, ou não, um predomínio das frações grossas e suficiente porcentagem das frações finas”. A Figura 1 apresenta os modelos de curva de compactação citados acima.

Figura 1 – Curvas granulométricas contínua, uniforme e bem graduada.



Fonte: <http://images.slideplayer.com.br> no dia 16/04 às 14h

2.2 Ensaios de caracterização dos solos

Para a caracterização dos solos deve-se realizar os ensaios de: granulometria, índices de consistência, determinação da massa específica aparente, compactação para a realização do Índice de Suporte Califórnia, resistência ao cisalhamento e classificação de solos lateríticos segundo AASHTO.



2.2.1 Ensaio de granulometria NBR 7181/1984

A NBR 7181(1984) informa que para a realização deste ensaio deve-se realizar o preparo da amostra a partir da NBR 6457. Após a preparação da amostra é necessário seguir os passos seguintes respectivos da NBR 7181 que é o peneiramento da amostra na peneira de malha 2,00 mm.

Utiliza-se parte do material que passou pela peneira para obter a umidade higroscópica de acordo com a NBR 6457. Tomar parte do material que passou na peneira para ser usado no teste de sedimentação, que é realizado para avaliar a capacidade do corpo de estar flutuando em líquido quando este estiver submerso pela coluna do líquido.

O procedimento baseia-se em colocar o material em estudo em um béquer, o béquer é agitado até que todo material seja imerso no líquido defloculante e após isso deixa-se o béquer em repouso durante 12h. O material é levado ao dispersor onde é misturado com água destilada durante 15 minutos, após esse período de tempo o material é retirado do dispersor e é colocado em uma proveta de 1000 centímetros cúbicos onde é misturado com água destilada até ocupar o volume do cilindro, realiza-se movimentos de circulares com uma bagueta de vidro para uniformizar a temperatura, com essa uniformização de temperatura, aferida com termômetro, coloca-se o densímetro para realizar três leituras iniciais com tempo entre elas de 0,5, 1 e 2 minutos para assim verificar se há concordância com o que é aferido e para observar se o material está com uma temperatura constante.

São realizadas leituras de 4, 8, 15 e 30 minutos após isso são realizadas 1, 2, 4,8, e 24 horas, a contar pelo inicio da sedimentação. A cada leitura realiza-se a medição da temperatura. O tipo de peneiramento varia de acordo com o tamanho dos grãos sendo assim é necessário, como especificado na NBR 7181/1984, que ocorra diferentes tipos de peneiramentos definidos pela malha da peneira para solos finos (malha de 1,2, 0,6, 0,42, 0,25, 0,15 e 0,075mm a sexta) e solos grossos(malha de 50, 38, 25, 19, 9,5, 4,8mm a sexta).

2.2.2 Índices de consistência

Para a obtenção dos índices de consistência deve-se realizar os ensaios de Limite de Liquidez e Índice de Plasticidade, estes definidos por norma. O limite de liquidez do solo é obtido do ensaio da norma NBR 6459/1984 e a norma NBR 6457/1984 sendo que a segunda visa preparar a amostra de material estudado. A norma que visa analisar o limite de liquidez é a NBR 6459/1984. O ensaio é iniciado com a retirada de metade do material preparada de acordo com a norma NBR 6457.

O material é colocado em uma cápsula de porcelanato, é adicionada água destilada em pequenas quantidades visando chegar ao ponto ideal de mistura. Os componentes são misturados com a realização de movimentos giratórios e contínuos para adquirir homogeneidade da mistura. O tempo necessário para essa homogeneização deve estar compreendido no intervalo de tempo de 15 e 30 minutos sendo que é necessário mais tempo para solos com mais argila, com a homogeneização do material pega-se parte do material para ser colocado na concha sendo que a espessura do centro da concha deve ser de 10mm. Essa operação é realizada com cuidado para não aparecer bolhas na amostra e retira-se o excesso de solo da concha. A amostra então é dividida por um cinzel em que parte no meio a amostra de solo, esse formato feito pelo cinzel faz com que a amostra adquira aspectos próximos ao comportamento de um talude.



O citado processo de preparação da amostra culmina na ação do aparelho que é responsável por golpear, com o auxílio da gravidade, a concha repetida vezes. Conta-se o número de vezes que a concha é golpeada até fechar a ranhura que separa as duas partes da amostra, que foi feita pelo cinzel. Parte do material usado na primeira tentativa citada acima é separada para a determinação da umidade. É necessário a repetição desse ensaio cerca de 3 vezes até que se obtenha mais três pontos que estejam no intervalo de golpes de 35 a 15 golpes.

Ressalta-se que se o material que não for previamente seco é necessário uma adequação na dosagem durante a mistura na capsula de porcelana. Os cálculos desse ensaio são devidos a um gráfico realizado com o número de golpes nas abcissas, em escala logarítmica, e os teores de umidade correspondentes, em escala aritmética. Com esses pontos é possível obter uma linha de tendência em que observa-se o teor de umidade correspondente a 25 golpes, esse ponto é o limite de liquidez do solo.

Dando continuidade aos ensaios de consistência, damos início ao ensaio de caracterização do limite de plasticidade que é regido pela norma NBR 7180/1984. Esse ensaio possui como objetivo determinar o limite de plasticidade do solo e visa a caracterização do material. Com esse ensaio é possível fazer suposições de como se comporta o solo e como deverá se comportar após influências de agentes externos.

O ensaio é iniciado com a preparação da amostra por meio da realização da NBR 6457, assim como foi feito para a realização no ensaio anterior para a determinação do limite de liquidez. Pega-se metade do material preparado para ser misturado com água destilada em uma capsula de porcelana, o tempo em que deve ser realizado a mistura é de 15 a 30 minutos, após esse período de tempo retira-se 10g de material para ser trabalhado. O trabalho dessa pequena amostra é feito com as mãos e é realizado através de movimentos rotacionais sobre uma placa de vidro, sobre pressão.

O objetivo do citado manuseio é formar um cilindro com diâmetro de 3mm e comprimento de 100mm, se o cilindro fissurar a amostra deverá ser colocada de novo na capsula de porcelana para ser novamente misturada. Repete-se o processo até obter um cilindro que não fissure. O cilindro é colocado em uma capsula para assim ser usado para calcular a umidade do material, após a pesagem e o devido cálculo da umidade do material das três capsulas usadas para a determinação da umidade se faz necessário observar se as umidades diferem em maiores proporções, a norma NBR 7180/1984 define satisfatório os valores que não diferirem em média de 5%. Os resultados obtidos por meio da NBR 7180 e os resultantes da norma NBR 6459 são usados para calcular o índice de plasticidade do material, sendo ele necessário para caracterização do material.

2.2.3 Determinação da massa específica aparente

Para a determinação da massa específica do solo é realizado os ensaios: massa específica aparente *in situ* com emprego de frasco de areia e massa específica aparente de amostras indeformadas, com emprego de balança hidrostática. O ensaio de massa específica aparente *in situ* com emprego de frasco de areia tem como objetivo determinar a massa específica aparente do solo “*in situ*” sendo que para a realização desse tipo de ensaio é necessário que o local escavado mantenha sua integridade física, não seja encontrado água na cavidade escavada, o solo deve ser possível ser escavado com ferramentas de mão e o material possua pequenos poros de modo que eles possam ser ocupados pela areia. Deve-se usar as NBR 5734, NBR 6457 e NBR 7181 para preparar a amostra de solo, para definir os materiais utilizados e o método de escavação.

A amostra de solo e sua captação e compactação são definidas pela norma NBR 6457. A execução do ensaio é iniciada pelo entalhamento de um corpo de prova circular de parafina, o corpo é então colocado na balança hidrostática junto com um contrapeso de massa



previamente determinada. Os valores determinados pela balança são usados para o cálculo da massa específica aparente da parafina, sendo necessário o uso da fórmula que está na norma NBR 10838/1988 no item 4.4. É necessário fazer três medições para se obter então uma média expressa com três algarismos significativos.

A segunda parte do ensaio visa determinar a massa específica aparente da amostra. Faz-se um corpo de prova entalhado da amostra indeformada, o formato da amostra é circular com diâmetro aproximado de 5cm. Envolve-se o material com parafina para impermeabilizar o mesmo e após um período de secagem e resfriamento o corpo é levado para ser colocado na balança hidrostática, depois de ser determinada a massa do corpo retira-se ele. O corpo é então partido e é retirada uma amostra do núcleo da amostra com objetivo de determinar a umidade do material seguindo a norma NBR 6457.

2.2.4 Compactação para a realização do Índice de Suporte Califórnia - ISC NBR 9895

A realização do ensaio tem como objetivo determinar o ISC e a expansão dos solos em estudo. Nessa etapa foi possível interligar as ideias propostas e provadas por Al Wahab e El-kedrah (1995) em que, as argilas que compactadas com reforço de fibra sofrem uma redução no seu potencial de fissuração devido a adição das fibras. A amostra de solo que deve ser usada sempre, é o material que passa na peneira de malha 19mm, sendo necessário utilizar 5 corpos de prova. A norma 9895 é utilizada em conjunto com as normas NBR 5734, NBR 6457 e NBR 7182 sendo elas de suma importância para a preparação da amostra(NBR 6457 e NBR 5734), e do corpo de prova que é feito a partir da compactação do solo(NBR 7182).

A compactação do material é regida por diferentes tipos de energia mecânica, baseado no número de golpes feito pelo instrumento de compactação, esse instrumento simula a compactação realizada em campo e seus diferentes graus de energia.

A compactação é regida pela norma NBR 7182 que foi citada acima, na realização desse ensaio de compactação vale-se ressaltar a influência da fibra no solo e Feuerharmel (2000) explica bem citando Hoare (1994). Hoare demonstrou que com o acréscimo de fibras no solo sendo elas distribuídas aleatoriamente, gera um aumento da sua porosidade sendo esse fator causado diretamente pelas fibras. Esse fator não varia com o método de compactação sendo assim ele concluiu que os vazios gerados no solo são definidos pela granulometria do solo, formato dos grãos, textura da superfície da fibra. Esses fatores controlam a adesão do solo na fibra e isso dita o número de vazios na matriz solo e fibra. Pode-se inferir que solos bem graduados possuem uma melhor aderência com a fibra e solos arenosos possuem dificuldade em aderir a superfície da fibra.

Para se obter o ISC necessita fazer cálculos por meio da fórmula dada na NBR 9895/1987 em que se utiliza a pressão corrigida ou a pressão calculada e a pressão padrão do corpo de prova.

2.3 Pavimentação

O manual de pavimentação do DNIT(2006) define o pavimento como uma superestrutura constituída por um sistema de camadas finitas de espessuras definidas. O pavimento é colocado sob uma base que é denominado como subleito, em que são descarregadas as forças de pressão aplicadas pelo pavimento. Existem vários tipos de pavimento sendo eles classificados em três tipos: rígido, flexível e semirígido, cada um com suas características próprias.

O pavimento rígido é definido como um revestimento de elevada rigidez em comparação com as camadas subsequentes abaixo dele. Esse tipo de pavimento é capaz de



absorver quase todas as tensões de carregamentos, assim as camadas inferiores não sofrem tanto a ação das forças. Ex: pavimento constituído por lajes de Concreto Portland.

O pavimento flexível é definido segundo o manual de pavimentos do DNIT(2006) como aquele que se deforma significativamente de maneira elástica em todas as camadas que compõem o pavimento. As cargas são descarregadas uniformemente sobre toda a estrutura. Ex: pavimento constituído por uma base de brita.

O pavimento semirrígido é definido pelo manual de pavimento do DNIT(2006) como uma estrutura de base cimentada por algum aglutinante de propriedades cimentícias. É a combinação de camadas solo e cimento com camadas asfálticas.

2.4 Materiais não convencionais utilizados na engenharia civil

Segundo a associação brasileira de indústria pet (Abipet), a reciclagem do material plástico tem subido por vários fatores como investimentos em novas tecnologias que facilitam a reciclagem, a conscientização de empresas que utilizam esse tipo de matéria. A reciclagem do PET é uma fonte sustentável de descarte por diminuir o uso de energia elétrica, de extração petrolífera e por impulsionar economicamente a sociedade pois gera empregos.

Segundo Brosler (2011) não convencionais “são aqueles materiais confeccionados utilizando recursos do meio, podendo advir do meio natural bem como da reutilização de produtos recicláveis ou de objetos que possuíam outra função antes de se tornar parte constituinte de uma construção.” Dentro dessa definição é possível distinguir os tipos de materiais não convencionais.

Cita-se inicialmente o Resíduo da Construção e Demolição (RCD) é um resíduo de construção advindo de restos de obras ou demolições, sua destinação vem sendo estudada pois esse tipo de resíduo ocupa grandes áreas físicas. O RCD é usado como alternativa para ser material para aterros, para a fabricação de blocos de cimento reciclados, dentre outras coisas. Outro material que é muito conhecido e é classificado como um material não convencional são os polímeros. Os polímeros segundo Júnior (2006) são macromoléculas que possuem em sua estrutura várias unidades de repetição que são denominados meros, esses meros são conectados por ligações covalentes. Essas macromoléculas são formadas em sua maioria por hidrogênio, carbono e oxigênio. Os polímeros possuem uma vasta utilização na engenharia civil, alguns métodos já usam os materiais poliméricos para reforço de estruturas ou até como estruturas.

Menezes (2003) informa que a fibra de sisal corresponde a um tipo de material de origem orgânica. Existem outros vários materiais que são usados para agir em conjunto com os materiais convencionais por proporcionarem auxílio mecânico, estético, tendo em vista reduzir custo de obra dentre outros tipos de auxílio.

Feuerharmel (2000) em sua dissertação utiliza para definição das propriedades do polietileno a literatura de Hannat (1994) em que explica que o “material de fibra de polietileno, possui um peso molecular normal, têm módulo de elasticidade baixo, são fracamente aderidas à matriz cimentada e altamente resistentes aos álcalis. Sua durabilidade é alta, mas apresentam maiores deformações de fluência, comparadas com as fibras de polipropileno. Procurando minimizar esse problema da baixa aderência e módulo, tem sido desenvolvido o polietileno de alta densidade.”

Westermann (2017) utilizou em seu trabalho a fibra PET e verificou sua influência em diferentes tipos de solo, em suas amostras de mistura foi usado solos arenosos, ela relacionou que a fibra PET influência de forma divergente em solos argilosos e arenosos. O autor informa que “os valores de ângulo de atrito interno das misturas são pouco influenciados pelo uso de fibras nos solos arenosos. Em contrapartida, os valores de intercepto coesivo dos compósitos



são mais influenciados. Diferente das argilas, na qual a inclusão das fibras gera um decréscimo da coesão e aumenta o ângulo de atrito.

3 Metodologia

Todos os ensaios desta pesquisa seguiram normativos vigentes.

Para o ensaio de compactação do solo com a adição de fibra de garrafa PET, foi utilizada a norma NBR 9895, nesta norma se obteve o valor do ISC (Índice de suporte Califórnia) da amostra assim como a expansão do solo.

Para a caracterização do solo utilizou-se as normas NBR 10838 tendo em vista a obtenção da massa específica aparente do solo, as NBR's 7180 e 6459 para os índices de consistência do solo (Limite de plasticidade e limite de liquidez) e a NBR 7181 para a análise granulométrica do solo.

O solo natural obtido após os diversos ensaios normatizados foi um silte argiloso. Sendo em geral, este solo complicado para obras rodoviárias optou-se melhorar esse material com fibras de garrafa PET, na proporção de 10% no peso do solo.

4 Análise dos resultados

4.1 Compactação

Os dados obtidos foram coletados a partir do ensaio de compactação explicado na revisão bibliográfica. O valor médio de umidade resultante deste ensaio foi de 27% e os valores do peso específico das amostras de solo compactadas misturados com 10% de fibra, variaram entre 12 e 13Mpa.

Na Tabelas 1 observa-se a umidade natural do solo. É notório o aumento de umidade que o solo obteve com a inserção da fibra na amostra, o valor passou de 5,65% para 27% obtido no ensaio de compactação conforme citado no parágrafo anterior.

Tabela 1. Umidade Natural do solo estudado.

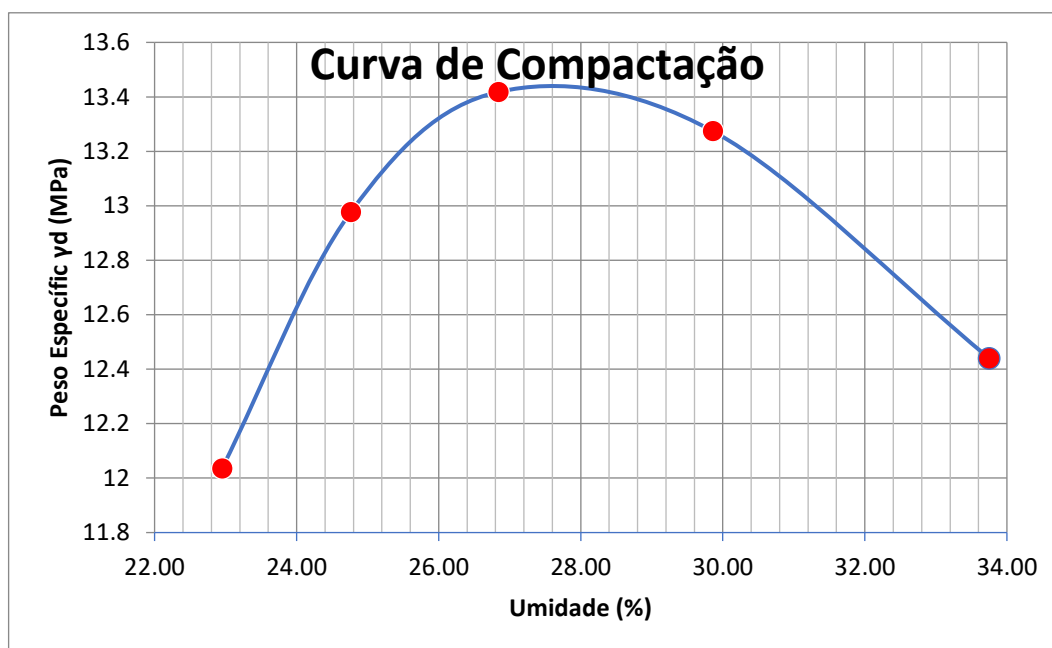
<u>Capsula Nº</u>	93	119	101
<u>Capsula (g)</u>	6,136	5,765	5,887
<u>Capsula + Solo Úmido (g)</u>	20,188	21,984	20,537
<u>Capsula + Solo Seco (g)</u>	19,41	21,15	19,75
<u>Umidade (%)</u>	5,86	5,42	5,68
		W (%) = 5,65	

O gráfico 1 apresenta a curva de compactação da amostra de solo compactada com a presença de fibra de PET.



Conclui-se que, com o aumento do teor de umidade há melhora da compactação do solo, isso se dá pelo fato da água preencher os vazios do solo e melhorar a interação entre grãos e grãos e água, porém a partir que o ponto de umidade máxima o solo começa a saturar, fazendo com que a amostra reduza o peso específico e conseqüentemente infere-se que reduzirá também a capacidade de suporte do solo. Dessa forma, verificou-se que o ponto de teor de umidade ótima foi de aproximadamente 26,5%.

Gráfico 1 – Relação entre peso específico do solo e a umidade retirados do ensaio de compactação.



Após terminado o ensaio de compactação do solo, uma das amostras de solo foi separada e destinada para o tanque de água onde ficaram em repouso por quatro dias. A citada imersão teve como objetivo a verificação da expansão do solo quando em contato com água em variados graus de umidade. Percebeu-se que a amostra de solo expandiu somente 0,02% (Tabela 2). De acordo com e acordo com o Manual de Pavimentação do DNIT (2006, p. 136) a expansão máxima aceitável é de 0,5%, desta forma o corpo de prova obteve expansão inferior ao limite aceitável, sendo satisfatório o resultado da mistura para uso em rodovias para camada de subleito, camada tal que fica duas abaixo do revestimento asfáltico que podemos observar nas rodovias.

Tabela 2. Dados da expansão da amostra.

<u>Tempo</u> (horas)	<u>Data</u>	<u>Hora</u>	<u>Leit.</u> <u>Extensômetro</u> <u>divisões</u> <u>(mm)</u>	<u>Expansão (%)</u>
Início	09/04/2018	13:26	0	0
24 h	10/04/2018	11:55	0,02	0,02



48 h	11/04/2018	12:10	0,02
72 h	12/04/2018	11:50	0,02
96 h	13/04/2018	13:15	0,02

Após os quatro dias de repouso do ensaio de expansão, o corpo de prova foi submetido ao ensaio de Índice de Suporte Califórnia, onde foi obtido a penetração de cada amostra em função da pressão exercida pelo equipamento. A Tabela 3 apresenta os resultados encontrados para as penetrações de 2,54 e 5,08mm, é para estas penetrações que o Manual do DNIT (2006) exige que sejam calculados os valores do índice de suporte de califórnia do material.

Tabela 3. Dados do ISC %.

Penetração (mm)	Pressão (Mpa)				
	Calculada (MPa)	Corrigida (MPa)	Padrão (MPa)	ISC %	Força (kgf)
2,54	1,85	1,85	6,90	26,82	370,43
5,08	2,61	2,62	10,35	25,26	523,31

O cálculo do índice de suporte se dá por meio de equações que correlacionam as penetrações exatamente nestes pontos de 2,54 e 5,08mm. Os valores encontrados foram de 26,82% e 25,26%. As exigências colocadas no Manual de Pavimentação do DNIT (2006) ditam que para o material ser utilizado sem problemas nos projetos de rodovias rurais o valor deste ISC (Índice de Suporte Califórnia) deve ser de pelo menos 2%. A mistura de solo com fibra de PET excedeu esse valor, sendo para este caso indicado para uso.

5 Considerações finais

Pesquisas que utilizam fibras misturadas com solo são bastante promissoras. Sabe-se que esses resíduos são gerados normalmente em grandes quantidades, sendo um agravante para a sustentabilidade, pois serão lançados ou no meio ambiente ou em aterros sanitários os quais poderiam deixar espaço físicos para os resíduos sólidos urbanos que com certeza também são gerados em grande escala.

Neste trabalho foi possível perceber que dentro da engenharia civil, a utilização de fibras de garrafas PET é bastante promissora pois baseado nos diversos ensaios normatizados realizados na pesquisa se percebeu resultados satisfatórios tendo em vista a utilização destes materiais em obras rodoviárias, especificamente para material de subleito, nas condições deste estudo, obviamente.

Salienta-se ainda que estas obras utilizam grandes quantidades de material, assim mesmo em pequenas proporções nas misturas, ainda seria reduzida em grande escala a quantidade de resíduo gerado, e ainda não seria explorado o recurso natural, sendo necessário



VII SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317-8302

em menor quantidade já que seria substituído em uma dada porcentagem pela fibra de garrafa PET.

6 Referências

ABNT, NBR. NBR 9895–Solo–Índice de suporte Califórnia. **Rio de Janeiro**, 1987.

DE JANEIRO, Rio. NBR 7182: Solo–ensaio de compactação. **Rio de Janeiro**, 1986.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO. Rio de Janeiro, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER-ME 049: Solos – Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas. Rio de Janeiro, 1994.

Meneses, F., **Influência das fibras de aço, polipropileno e sisal no amortecimento de concretos de resistência normal e de alto desempenho**. 98f . Mestrado de engenharia da universidade do rio de janeiro . Programa de Pós-Graduação em engenharia civil. 2003

Brosler, T. M., **Materiais não convencionais na construção civil: presente, passado e futuro no processo de conhecimento dos assentados de Mogi Mirim-SP**. 164 f. Mestrado na área de Engenharia Agrícola, na área de concentração Planejamento e Desenvolvimento Rural Sustentável. 2011.

Feuerharmel, M. R., **Comportamento de solos reforçados com fibras de polipropileno**. 152 f. Mestrado-Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia. Civil.2000(<http://hdl.handle.net/10183/2804>)

Castilho, T. W. L., **Resistência ao cisalhamento de solos com fibras de politereftalato de etileno reciclado**.105 f. Dissertação de mestrado- Engenharia Civil e Ambiental.2017 (<http://hdl.handle.net/11449/152602>).

Caputo, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações fundamentos**. Volume 1. 6 edição. 1997.

Júnior, S. V. C., **Ciência dos polímeros**. 2 edição. 2006.