

Utilização de material fresado como reforço de solo para composição de camadas de sub-base de pavimentos rodoviários

Use of milled material as soil reinforcement for the composition of sub-base layers of road pavements

JÚLIA SANTANA PERES

Discente do curso de Engenharia Civil (UNIPAM)
E-mail: juliaperes@unipam.edu.br

LEONARDO MARINHO CÔRTEZ

Discente do curso de Engenharia Civil (UNIPAM)
E-mail: leonardomc@unipam.edu.br

SHEILLA PEREIRA VIEIRA

Professora orientadora (UNIPAM)
E-mail: sheilapv@unipam.edu.br

Resumo: O material fresado é obtido no momento da remoção da camada superficial do pavimento, e uma alternativa que se apresenta para o seu reaproveitamento é a possibilidade de ser incorporado ao solo em camadas de pavimentos, aumentando a sua resistência. Esta pesquisa tem como objetivo principal avaliar a reutilização de material fresado proveniente de pavimentações rodoviárias, adicionado a um solo argilo-siltoso típico de Patos de Minas-MG. O material fresado foi incorporado ao solo em diferentes porcentagens e foram realizados diversos ensaios laboratoriais para confirmar a possibilidade de utilização. Foram obedecidos os critérios estabelecidos pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes e realizados os ensaios de granulometria, limites de Atterberg, compactação e índice de suporte Califórnia. Observou-se que diferentes porcentagens de adição do material fresado permitiram ao solo adquirir um comportamento satisfatório para utilização em camadas de subleito e sub-base.

Palavras-chave: Solos. Fresagem. Pavimento.

Abstract: The milled material is obtained when removing the surface layer of the pavement, and an alternative that is presented to pavement reuse, it is the possibility of being incorporated into the soil in pavement layers, increasing its resistance. This article aims to verify the use of milled material from road paving, added to a clayey-silty soil typical of Patos de Minas-MG. The milled material was incorporated into the soil in different percentages and several laboratory tests were carried out to confirm the possibility of use. The criteria established by the National Department of Transport Infrastructure were followed and the granulometry, Atterberg limits, compaction and California support index tests were carried out. It was observed that different percentages of added milled material allowed the soil to acquire a satisfactory behavior for use in subgrade and sub-base layers.

Keywords: Soil. Milled Material. Pavement.

1 INTRODUÇÃO

Na Engenharia Civil, o conhecimento dos solos possui elevado significado, uma vez que são muito distintos quanto ao seu formato, à granulometria e à composição. Quando essas características físicas mudam, o comportamento do solo também se altera. Por esse motivo, antes de qualquer execução ou projeto é relevante a compreensão do solo trabalhado, já que este é o elemento que irá sustentar toda construção, sendo capaz de garantir assim que ela seja funcional e correta.

Em toda e qualquer obra, os engenheiros responsáveis devem garantir a proteção completa da obra, mesmo depois de finalizada. Na pavimentação, não é diferente, afinal, a obra deve garantir o conforto e a segurança das cidades e das rodovias de todo o país, não se podendo, assim, descartar o estudo do solo que será utilizado nas bases do asfalto.

Segundo a Confederação Nacional dos Transportes (CNT, 2006), no Brasil 61,1% de todas as cargas transportadas utilizam as rodovias, o que ocasiona um grande fluxo de veículos de grande porte. A sobrecarga no pavimento acarreta mais desgastes ao se comparar com outros tipos de obras de engenharia, como edificações. Portanto, as rodovias possuem sua vida útil mais reduzida.

As vias então necessitam periodicamente de reparos, muitas vezes sendo feitos por meio de recapeamentos, que, com o passar do tempo, deixam a superfície da pista irregular, causando transtornos e dificuldades no tráfego. Uma das técnicas utilizadas para a correção desse problema é a fresagem, que é definida pela Norma DNIT 159/2011-ES como sendo uma operação em que é realizado o corte ou desbaste de uma ou mais camadas do pavimento asfáltico, por processo mecânico, para que a recomposição do pavimento possa ser realizada.

Porém, outro problema surge com essa técnica: o material removido não é um material renovável e, sem uma destinação correta, ele poderá trazer grandes prejuízos ao meio ambiente. Por isso, discute-se, neste trabalho, uma proposta para utilização dos resíduos resultantes do processo de fresagem da pavimentação asfáltica no reforço de camadas de sub-base de pavimentos rodoviários.

Nesse sentido, a presente pesquisa teve como objetivo avaliar a estabilização de um solo padrão da região de Patos de Minas (Minas Gerais) reforçado com acréscimo de material de fresagem em diferentes proporções para se obterem as características necessárias, a fim de ser usado como sub-base de rodovias.

O conceito de reforçar as características do solo através de agentes estabilizadores não é uma técnica recente. A utilização desse apoio apresenta vantagens técnicas, construtivas e econômicas. Muitas vezes, o solo não apresenta características técnicas necessárias para ser utilizado em uma obra, o que leva as empreiteiras a gastarem tempo e dinheiro em busca de um material com os requisitos necessários. Por esse motivo essa técnica tem sido cada vez mais utilizada nas obras de pavimentação

Com o crescente aumento de resíduos obtidos na manutenção das rodovias, cria-se a necessidade de uma destinação correta aos materiais, garantindo um reuso e minimizando o impacto gerado no meio ambiente.

A técnica de fresagem é uma das maiores geradoras de resíduos nas obras rodoviárias e uma grande poluente, já que seus componentes têm como base o petróleo. Portanto, um estudo que garanta o reaproveitamento do material fresado, dando-lhe uma destinação adequada, minimiza os atuais impactos ambientais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para que os estudos dessa pesquisa fossem realizados, foi de suma importância o conhecimento de conceitos básicos.

2.1 SOLO

A necessidade do homem de trabalhar com o solo se encontra nos tempos mais remotos, podendo-se afirmar ser tão antiga quanto a civilização. Os primeiros problemas relacionados aos solos terão surgido junto com grandes construções, como a Pirâmide do Egito, a Muralha da China ou os aquedutos e estradas do Império Romano. (CAPUTO, 2012)

Para Balbo (2007), o estudo de solos para finalidades de pavimentação é fundamental, pois não existe pavimento sem fundação, o que garante que um estudo adequado dos solos utilizados nas obras seja feito.

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (BRASIL, 2006), solo é um material da crosta terrestre resultante da decomposição das rochas pela ação do intemperismo. No âmbito da engenharia rodoviária, considera-se solo todo material orgânico ou inorgânico, parcialmente cimentado, encontrado na superfície da terra. Em outras palavras, consideram-se solos qualquer material que possa ser escavado com pá, picareta, escavadeiras etc., sem necessidade de explosivos.

2.2 PAVIMENTOS

O homem, com seu desejo de obter um acesso mais facilitado a matérias-primas e expandir seu território, criou o que chamamos de estradas. A China foi o país inventor, mas bem mais tarde os Romanos aperfeiçoaram as estradas, instalando pavimentos e drenagem. (BALBO, 2007).

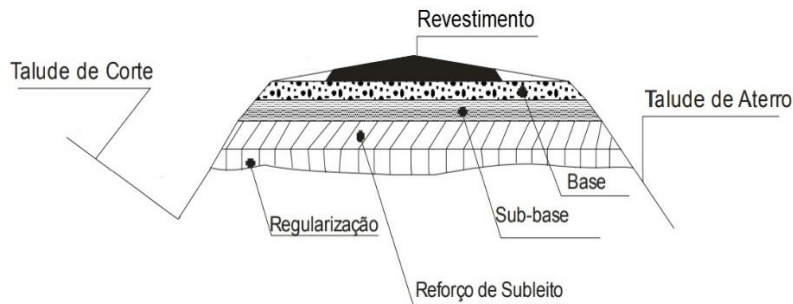
Para Bernucci (2007), pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construídas sobre a superfície de terraplanagem, destinado a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima e propiciar aos usuários conforto, economia e segurança.

2.3 PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

De acordo com o DNIT (BRASIL, 2006), pavimento flexível é aquele em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado,

e essa carga se distribui aproximadamente de forma equivalente entre as camadas. As camadas que o pavimento tem são as seguintes: revestimento, base, sub-base, reforço do subleito e subleito, conforme é apresentado na Figura 1.

Figura 1: Camadas de Pavimentos Flexíveis



Fonte: Guia da Engenharia, 2019.

2.4 REVESTIMENTO

O revestimento deverá, entre outras funções, receber as cargas sem sofrer uma grande deformação ou ainda a perda da compactação; necessita, portanto, de ser composto de materiais dispostos de uma maneira a evitar sua movimentação horizontal (BALBO, 2007).

2.5 BASES E SUB-BASES

Para BALBO (2007), as camadas de base e sub-base surgem para aliviar as pressões que chegam às camadas de solos inferiores. Também desempenham papel importante na drenagem superficial dos pavimentos. Segundo o DNIT (BRASIL, 2006), materiais para base precisam apresentar um CBR $\geq 80\%$ e expansão $\leq 0,5\%$ e para sub-base um CBR $\geq 20\%$ e expansão $\leq 1\%$.

2.6 SUBLEITO E REFORÇO DO SUBLEITO

O subleito é o terreno onde será apoiado o pavimento, e o reforço do subleito é a camada de espessura constante transversalmente e variável longitudinalmente. Serve para melhorar as qualidades do subleito e regularizar a espessura da sub-base. (MARQUES, 2006). As classificações do DNIT (BRASIL, 2006) informam que os materiais que podem ser usados para reforço do subleito necessitam de um CBR maior que o do subleito e expansão $\leq 1\%$, já o subleito deve apresentar uma expansão menor ou igual a 2% e um CBR $\geq 2\%$.

2.7 FRESAGEM DE PAVIMENTOS

Segundo o Departamento de Estradas e Rodagem (DEER, 2006), a fresagem consiste no corte ou desgaste de uma ou mais camadas do pavimento asfáltico, tendo como finalidade a remoção de pavimentos previamente à execução de um novo revestimento asfáltico, sendo executada em áreas com remendos em mal estado, áreas com concentrações de trincas, entre outros defeitos. Consiste também na etapa preliminar da reciclagem de pavimentos asfálticos.

3 METODOLOGIA

Essa pesquisa teve como objetivo a estabilização de um solo para utilização em camadas de pavimentação, através de um acréscimo de material fresado em diferentes proporções, com intuito de aumentar a resistência. Apresentam-se, a seguir, os caminhos metodológicos necessários para a consecução dos objetivos elencados.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

O trabalho teve abordagem quali-quantitativa para encontrar a quantidade de material fresado ideal para reforçar um solo padrão, de forma que atenda às especificações mínimas para utilização em camadas de sub-base de pavimentos flexíveis. Classifica-se também como pesquisa laboratorial uma vez que todas as verificações foram realizadas através de ensaios normatizados no Laboratório de Análise Tecnológica dos Materiais de Construção, localizado no Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).

3.2 COLETA DA AMOSTRA DE SOLO PADRÃO

O solo utilizado no trabalho foi coletado em um lote no bairro Jardim Califórnia em Patos de Minas – MG. No local, estava em execução a construção de um edifício. Para isso, foram realizados os furos para a execução da fundação do tipo estacas escavadas. Houve o aproveitamento desse solo retirado de uma profundidade de 7 metros abaixo do nível do terreno. Após a coleta o solo, este foi armazenado em baldes com tampas e guardado em um quarto úmido no laboratório, para a prática dos experimentos necessários. A figura 2 apresenta o momento em que o solo foi coletado e transportado.

Figura 2: Coleta e transporte do solo



Fonte: acervo dos autores, 2020.

3.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

3.3.1 Granulometria

A granulometria do solo é definida pela norma DNER-ME 051/1994. Para que esse ensaio seja possível, foi necessária a utilização de peneiras, balança, cápsulas, agitador de peneiras, proveta e uma estufa. A determinação da granulometria foi realizada através do peneiramento fino e grosso, com o auxílio do agitador mecânico, com uma retirada de amostras em cápsulas para cálculo de umidade e obtenção da curva granulométrica por meio da pesagem retida em cada peneira, assim sendo possível então constatar a quantidade de cada diâmetro das partículas. Após a realização desse ensaio, foi possível definir qual tipo de material daria base ao estudo.

3.3.2 Limites de Consistência

3.3.2.1 Limite de Liquidez

A prática do ensaio de Limite de Liquidez (LL) foi realizada seguindo a norma DNER-ME 122/1994. Fez-se o ensaio com as seguintes aparelhagens: concha de Casagrande, cinzel, balança, estufa, espátula, cápsula, espátula metálica. O ensaio foi executado colocando o solo na concha e realizando uma ranhura com cinzel padronizado no meio. Em seguida, foram efetuados alguns golpes até o seu fechamento. Para esse experimento, diversos teores de umidade foram testados e, com os resultados obtidos, foi possível construir um gráfico, em que então é feita uma reta, sendo o valor de umidade correspondente a 25 golpes o Limite de Liquidez do solo.

3.3.2.2 Limite de Plasticidade

A norma DNER-ME 082/1994 define os procedimentos para se determinar o Limite de Plasticidade (LP) de solos. Nesse caso, foram utilizadas balança, cápsulas, estufas, espátula metálica e uma placa de vidro esmerilhada. No experimento, foi feita uma espécie de cilindro com o solo, com 3 mm de diâmetro e 100 mm de comprimento, na placa de vidro. O teor de umidade que esse corpo de prova apresenta ou fissuras é mudança do estado plástico para o semissólido.

3.3.2.3 Índice de Plasticidade

O Índice de Plasticidade foi realizado após determinação do Limite de Liquidez e do Limite de Plasticidade. O índice de Plasticidade permitiu a classificação do solo quanto a sua plasticidade.

3.3.2.4 Classificação Rodoviária

O Sistema de Classificação Rodoviária subdivide o solo baseando-se na sua granulometria e nos limites de consistência do material. Para essa determinação, foram considerados a porcentagem passante na peneira nº 200, o Limite de Liquidez, o Índice de Plasticidade. Analisando-se a tabela da classificação, foi possível então determinar a predominância dos materiais presentes nesse solo quanto a Pedregulhos/Pedra Britada/Areia, Areia Fina, Areia/Areia Siltosa/Argilosa, Solos Siltosos e Argilosos.

3.4 COMPACTAÇÃO DO SOLO

A compactação do solo é um ensaio que tem como objetivo trazer melhorias nas propriedades do material. Esse procedimento fornece uma evolução, pois reduz o número de vazios, torna o solo mais maciço e uma maior resistência à compressão. O processo de compactação teve como orientação a norma DNIT 172/2016 e constituiu na moldagem de 3 corpos de prova cilíndricos de 1000 cm³. Os instrumentos utilizados foram balança, cilindro, peneiras, soquete cilíndrico e um extrator do corpo de prova. Foram compactadas amostras de solo com 5 camadas, e a quantidade de golpes de acordo com a utilização do solo. Para obtenção do teor de umidade ótimo, foi elaborado um gráfico através de uma planilha de Excel, sendo no eixo das abscissas do gráfico os teores de umidade de cada corpo de prova e nas ordenadas a massa específica seca.

3.5 ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

Na determinação do ISC (Índice de Suporte Califórnia), utilizou-se a norma ABNT NBR 9895(2016). Atuaram nesse ensaio os seguintes instrumentos: balanças, peneiras, estufa, cápsulas, cilindro de compactação, soquete prato perfurado, relógio comparador, suporte para relógio, disco anelar, prensa, extrator do corpo de prova e tanque de água.

O ensaio consistiu em moldar os corpos de prova compactados, submergi-los em água durante 4 dias, para aferição da expansão em cada uma das 24 horas. Após o fim desse prazo, as amostras foram retiradas da água e foram aguardados 15 minutos para a realização de penetração na prensa, sendo possível, assim, obterem-se as leituras do relógio comparador e a determinação da pressão.

3.6 ACRÉSCIMO DO MATERIAL FRESADO

O processo de estabilização de um solo, do ponto de vista técnico, pode ser entendido como uma melhoria das propriedades do solo, de modo a criar um novo material capaz de atender às exigências do projeto. Nesse caso, o acréscimo de um material fresado foi retirado de uma obra de reabilitação na rodovia BR 354 no município de São Gotardo-MG e doado por uma empresa privada. Na figura 3, é possível visualizar o material fresado em seu estado bruto.

Figura 3: Material fresado no estado bruto



Fonte: acervo dos autores, 2020.

Uma análise do solo reforçado foi efetuada através do ensaio de ISC (Índice de Suporte Califórnia), com base no artigo titulado *Contribuição ao estudo de materiais fresados incorporados a um solo argilo-siltoso para o uso em camadas de pavimentos flexíveis*. (DIAS; PINTO; COSTA, 2015).

Assim, considerando-se as porcentagens utilizadas no trabalho citado acima, foram adicionadas as porcentagens mostradas na Tabela 1.

Tabela 1: Volume de material da mistura

Amostra	Porcentagem de FR (%)	Porcentagem de solo (%)
A	70	30
B	50	50
C	30	70

Fonte: Dias; Pinto; Costa, 2015 (adaptado).

O acréscimo do material ocorreu em relação à massa de solo seco. Cada amostra sucedeu corpos de prova modelados para o ensaio de ISC e expansão. Assim foi possível compará-los e analisá-los quanto à viabilidade técnica na composição de solos reforçados para camadas de pavimento rodoviário.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

Os ensaios de granulometria e limites de Atterberg foram realizados com o intuito de caracterizar e conhecer melhor o solo em estudo.

4.1.1 Análise Granulométrica

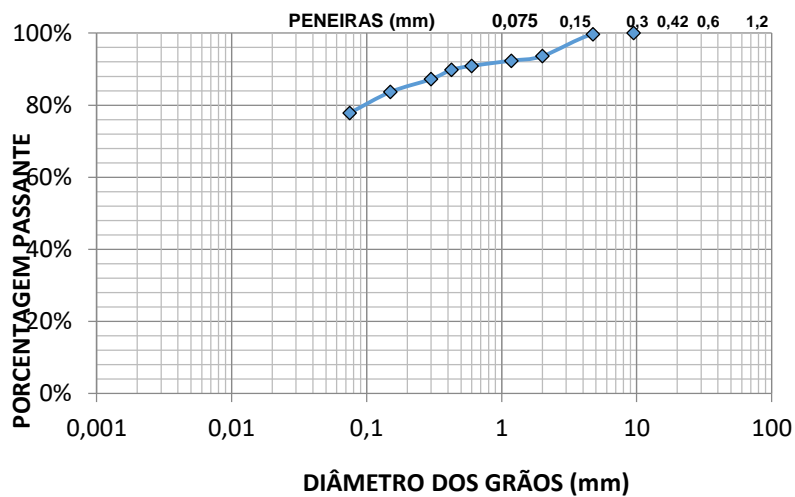
Após o ensaio de granulometria grossa e fina, seguindo as orientações da norma DNER-ME 051/1994, criou-se a Tabela 2 e o Gráfico 1 para a caracterização do solo.

Tabela 2: Resultado de ensaio de granulometria por peneiramento

PENEIRA N°	DIÂMETRO (mm)	% PASSANTE
3/8"	9	100
04	4,75	99,72
10	2,00	93,60
16	1,18	92,35
30	0,60	90,92
40	0,425	89,78
50	0,30	87,22
100	0,15	83,66
200	0,075	77,85

Fonte: dados da pesquisa, 2020.

Gráfico 1: Curva granulométrica do solo



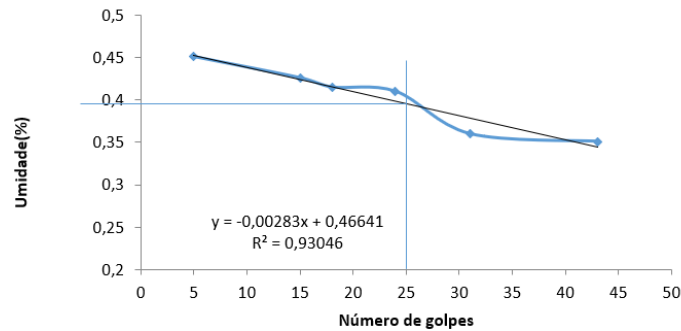
Fonte: dados da pesquisa, 2020.

Foi possível observar no Gráfico 1 e na Tabela 1 a porcentagem passante de 77,85% de solo na peneira de 0,075 mm, mostrando que o solo tem, em sua grande maioria, granulometria fina, possuindo aproximadamente 15% de areia em sua composição e 6,4% de pedregulhos.

4.1.2 Limites de Atterberg

Como complemento para a caracterização do solo, foram determinados os limites de Atterberg. O ensaio de limite de liquidez foi feito segundo a DNER-ME 122/1994, e os resultados estão expressos no Gráfico 2.

Gráfico 2: Limite de Liquidez



Fonte: dados da pesquisa, 2020.

A norma define que o limite de liquidez é o teor de umidade do solo no momento da aplicação dos 25golpes. Sendo assim, foi possível observar no Gráfico 2 que a quantidade de golpes determinada foi atingida com a umidade de 39,6%.

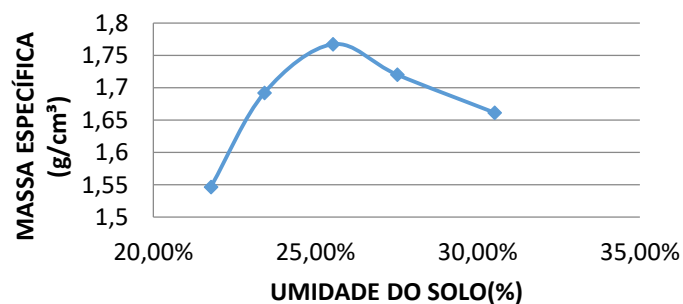
O limite de plasticidade também foi executado seguindo as normativas da norma DNER-ME 082/1994, obtendo-se os três pontos exigidos, e o valor determinado de umidade foi de 26,45%.

A norma também define o índice de plasticidade pela diferença entre o limite de liquidez e o limite de plasticidade, resultando em 13,2%, o que classifica o solo como medianamente plástico.

4.2 COMPACTAÇÃO E CBR DO SOLO

Para a determinação da umidade ótima e da massa específica do solo, foram moldados cinco corpos de prova, sendo dois no ramo seco da curva, dois no ramo úmido e um próximo à umidade ótima. Com esses dados, pode-se observar no Gráfico 3 e na Tabela 3 a umidade ótima, densidade máxima do solo, expansão e CBR.

Gráfico 3: Gráfico de compactação do solo



Fonte: dados da pesquisa, 2020.

Tabela 3: Resultados da compactação e CBR do solo

Umidade Ótima (%)	25,6
Densidade Máxima(g/cm ³)	1,750
Expansão(%)	2,00
CBR(%)	1,79

Fonte: dados da pesquisa, 2020.

O solo apresenta uma expansão padrão para solos argilo-siltosos, porém o valor de CBR abaixo de 2% indica que, sem nenhuma adição, não é possível utilizar o solo em camadas de pavimentação.

4.2.1 Classificação Rodoviária do Solo

Em conformidade com a Classificação TRB (*Transportation Research Board*), utilizando-se dos dados da porcentagem passante na peneira 200, limite de liquidez e índice de plasticidade, foi possível classificar o solo como A-6, um solo argiloso com comportamento ruim para utilização em subleitos de rodovias. (BRASIL, 2006)

A tabela 4 expressa, de forma resumida, a possibilidade da utilização do solo sem nenhum acréscimo em camadas de pavimentação, seguindo as especificações estabelecidas pelo DNIT.

Tabela 4: Avaliação dos resultados do solo para as camadas de pavimentação

1	Especificações – Atende?			
Base	CBR	Não	Expansão	Não
Sub-Base	CBR	Não	Expansão	Não
Subleito	CBR	Não	Expansão	Sim

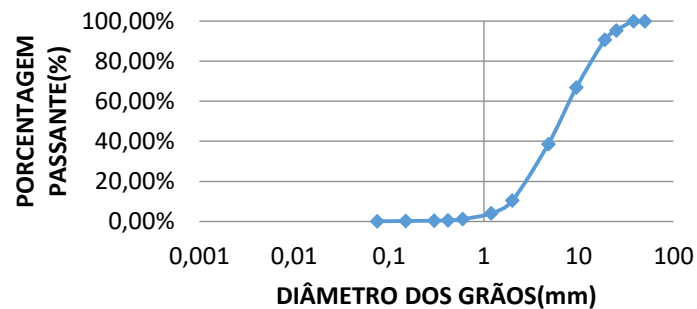
Fonte: dados da pesquisa, 2020.

O solo apresenta uma expansão de 2% que atende a expansão determinada pelo Manual de Pavimentação do DNIT para a utilização em camadas de subleito, porém o valor de 1,79% de CBR não atende o mínimo de 2% necessário.

4.3 CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL FRESADO

Para a caracterização do material fresado, foi feita a análise granulométrica por peneiramento. Os resultados estão expressos no Gráfico 4.

Gráfico 4: Curva granulométrica do material fresado



Fonte: autor, 2020.

O Gráfico 4 mostra que o material fresado possui grande parte de suas partículas compostas por pedregulhos; 89,55% de suas partículas ficam retidos na peneira de 2mm, e a porcentagem passante é, em sua grande maioria, areia.

4.4 ENSAIO CBR DAS MISTURAS

De modo a atingir o máximo nível de densificação, foi utilizada a quantidade de golpes definida pela norma de índice de suporte Califórnia do DNIT, recomendada para camadas de base. Sendo assim, a amostra foi compactada no cilindro de volume e massa conhecidos em 5 camadas iguais, aplicando-se, em cada uma delas, 55 golpes divididos uniformemente pela superfície.

Foram realizados os ensaios de CBR para as misturas de 70/30, 50/50 e 30/70 por cento de material fresado e solo, respectivamente. Os resultados estão expressos na tabela 5.

Tabela 5: Resultados do CBR das misturas de material fresado + solo

	Compactação 70/30	Compactação 50/50	Compactação 30/70
Umidade (%)	6,5	11,8	18,8
Expansão (%)	0,5	0,6	2,0
CBR (%)	35,4	10,7	3,1

Fonte: dados da pesquisa, 2020.

Na figura 4, é possível observar o momento da execução do ensaio de CBR de uma das misturas.

Figura 4: Execução do ensaio de CBR



Fonte: acervo dos autores, 2020.

Com os resultados dos ensaios laboratoriais em mãos, foi realizada a análise dos resultados das misturas em comparação com as especificações exigidas pelo Manual de Pavimentação do DNIT, para se avaliar a possibilidade de uso das misturas em camadas de base, sub-base e subleito de pavimentos flexíveis levando-se em consideração a capacidade de suporte e expansão.

As tabelas 6, 7 e 8 apresentam uma versão resumida da possibilidade de uso das misturas do material fresado + solo.

Tabela 6: Avaliação dos resultados das misturas de 70%MF + 30%Solo

Camada	Especificações – Atende?			
	CBR	Não	Expansão	Sim
Base	CBR	Não	Expansão	Sim
Sub-Base	CBR	Sim	Expansão	Sim
Subleito	CBR	Sim	Expansão	Sim

Fonte: dados da pesquisa, 2020.

Tabela 7: Avaliação dos resultados das misturas de 50%MF + 50%Solo

Camada	Especificações – Atende?			
	CBR	Não	Expansão	Sim
Base	CBR	Não	Expansão	Sim
Sub-Base	CBR	Não	Expansão	Sim
Subleito	CBR	Sim	Expansão	Sim

Fonte: dados da pesquisa, 2020.

Tabela 8: Avaliação dos resultados das misturas de 30%MF + 70%Solo

Camada	Especificações – Atende?			
	CBR	Não	Expansão	Não
Base	CBR	Não	Expansão	Não
Sub-Base	CBR	Não	Expansão	Não
Subleito	CBR	Sim	Expansão	Sim

Fonte: dados da pesquisa, 2020.

Pode-se observar que nenhuma das três composições consegue atender a exigência mínima do CBR para a camada de base de pavimentos. A única mistura que

atingiu ambos os critérios para a utilização em camadas de sub-base foi a composição com a maior adição de material fresado; já para a camada de subleito, foi possível observar que adições a partir de 30% de material fresado já são capazes de permitir que o solo seja usado nessa função.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A destinação de resíduos da construção civil é uma preocupação cada vez mais frequente na nossa sociedade. Cada vez mais pesquisas são realizadas para se testar a viabilidade da reutilização desses resíduos, evitando-se que eles sejam descartados no meio ambiente. O presente estudo possibilitou analisar a viabilidade da utilização de um resíduo produzido durante a fresagem de pavimentos, como um material de reforço de um solo característico da região de Patos de Minas-MG, para a utilização como camadas de pavimentos flexíveis.

Com base nos ensaios de caracterização, identificou-se que o solo em estudo trata de uma argila-siltosa medianamente plástica que, isoladamente, não apresentou características para ser usada em nenhuma camada de pavimentação.

A composição de 70% MF e 30% solo apresentou resultados satisfatórios em expansão e CBR para o uso em camadas de sub-base, porém ainda insuficientes para o uso em camadas de base. Observou-se também que, para permitir a utilização em camadas de subleito, a adição de 30% MF já foi suficiente para atingir os parâmetros exigidos pelo manual de pavimentação do DNIT.

Dessa forma, conclui-se que a aplicação do material fresado como reforço em um solo para a utilização em camadas de pavimentos flexíveis é dependente das características dos materiais e suas composições. Nas composições estudadas, as misturas apresentaram um aumento significativo na resistência, possibilitando a reutilização do material fresado, reduzindo o estrago no meio ambiente, os custos e permitindo o aumento da resistência de solos característicos fracos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9895**: solo: índice de suporte Califórnia (ISC): método de ensaio. Rio de Janeiro, 2016.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica, materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina dos Textos, 2007.

BERNUCCI, Liedi Bariani. **Pavimentação Asfáltica, formação básica para engenheiros**. 3. ed. Rio de Janeiro: Imprinta, 2010.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISA. COORDENAÇÃO GERAL DE ESTUDOS E PESQUISA. INSTITUTOS DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS. **Manual de Pavimentação**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2006.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

CARVALHO, D. S. de. **Tecnologia educacional para estomizados**: construção de um guia de orientação para cuidados com a pele periestoma. 2014. 183 f. Dissertação (Mestrado em Enfermagem) – Universidade do Estado do Pará, Belém, 2014.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES – CNT. **Boletim estatístico**. 2006. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/boletins>.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM -DER. **Fresagem de pavimento asfáltico**. São Paulo, SP. 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **ME 082/94**: solo: determinação do limite de plasticidade: método de ensaio, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **ME 051/94**: solo: análise granulométrica: método de Ensaio, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **ME 122/94**: solo: determinação do limite de liquidez: método de referência e método expedido: método de Ensaio, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Norma DNIT 159-2011 ES**: pavimento asfáltico: fresagem a frio: especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2011.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Norma DNIT 164/2013-ME**: solos: compactação utilizando amostras não trabalhadas: método de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Norma DNIT 172/2016 – ME**: solos: determinação do índice de suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas: método de ensaio. Rio de Janeiro, 2016.

DIAS, Patrícia Silva; PINTO, Isaac Eduardo; COSTA, Clauber. Contribuição ao estudo de materiais fresados incorporados a um solo argilo siltoso para o uso em camadas de pavimentos flexíveis. *In*. REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 44.; ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA, 18., Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu, 2015, p. 1-12.

GUIA DA ENGENHARIA. **Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis**. Disponível em: <https://www.guiadaengenharia.com/dimensionamento-pavimento-flexivel/>.

UTILIZAÇÃO DE MATERIAL FRESADO COMO REFORÇO DE SOLO PARA COMPOSIÇÃO DE CAMADAS
DE SUB-BASE DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS

MARQUES, Geraldo Luciano de Oliveira. **Notas de aula da disciplina pavimentação:**
TRN 032: versão 2006. Universidade de Juiz de Fora (UFJF), Faculdade de Engenharia,
Juiz de Fora, 2006.