

# Contribuição para Aproveitamento de Material Fresado como Mistura em Camadas de Pavimento

Luiz Paulo Vieira de Araújo Júnior

Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Brasil, luispaulovajr@gmail.com

Marcos Antônio Garcia Ferreira

Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Brasil, dmag@ufscar.br

Jefferson Lins da Silva

Universidade de São Paulo, São Carlos, Brasil, jefferson@sc.usp.br

**RESUMO:** O presente estudo discute sobre a possibilidade de diminuir os custos em obras em execução ou manutenção, a diminuição dos poluentes no meio ambiente e a conservação das vias urbanas. Nesse sentido, teve como objetivo avaliar o desempenho mecânico e físico de misturas de um solo local com material fresado de revestimento asfáltico, quando aplicado em camadas de sub-base de pavimentos urbanos. Para tanto, foram realizados ensaios de caracterização do solo conforme a metodologia MCT (Miniatura Compactada Tropical) e a TRB (Transportation Research Board), e ensaios de caracterização do material fresado de revestimento asfáltico. Posteriormente, foram desenvolvidas cinco misturas de 10, 20, 30, 40 e 50% do material reciclado, sendo realizado ensaio de ISC (Índice de Suporte Califórnia) na energia intermediária com a finalidade de avaliar a capacidade de suporte das misturas e do solo na condição natural, expansão das misturas e do solo na condição natural. Os ensaios indicaram que os ISCs das misturas apresentaram valores da ordem de 94% sendo, portanto, podem ser consideradas úteis como camadas de sub-base.

**PALAVRAS-CHAVE:** Solo Tropical, Fresagem de Revestimento Asfáltico, Camadas de Sub-Base

## 1 INTRODUÇÃO

Um pavimento deve ser projetado de maneira a proporcionar vias seguras, econômicas e confortáveis, o que é determinado pela qualidade da superfície do pavimento. Quando esses requisitos não são atendidos, são necessárias intervenções com a finalidade de restaurar o pavimento (BONFIM, 2007).

Segundo Bernucci et al. (2008), a estrutura de um pavimento possui várias camadas com espessuras definidas que é construída sobre um terreno de fundação, com a finalidade de resistir aos esforços do tráfego e às intempéries do cotidiano.

A pesquisa desenvolvida por Alvim (2001) descreve que, um dos primeiros registros datados sobre os materiais fresados com reuso dos materiais foram na década de 60, na

Europa, em especial, na Alemanha Ocidental. Nessa época, sua malha viária encontrava-se em péssimas condições sendo, em seguida, recuperada com o Plano Marshall após a Segunda Guerra Mundial.

Segundo Bonfim (2007), devido à escassez de materiais provenientes do petróleo com a crise internacional de 1970, técnicos e gestores rodoviários internacionais, voltaram-se para a ideia de reprocessar os materiais de pavimentação de pistas deterioradas através da reciclagem, de maneira a proporcionar condições de trafegabilidade das vias a níveis satisfatórios, tanto do ponto de vista técnico quanto do ponto de vista financeiro.

Jimenez (1980) comenta que, devido às restrições impostas pela aquisição do petróleo na Europa e na América do Norte, viu-se a necessidade da utilização do material fresado

como forma de baratear os custos. Nos dias atuais, percebe-se que essa tecnologia é muito empregada nos países desenvolvidos e em alguns subdesenvolvidos.

De acordo com Campos (1987), os primeiros serviços de fresagem no Brasil aconteceram na década de 80, sendo que a primeira grande obra foi o trecho da via Anhanguera, entre São Paulo e Campinas, realizada em 1986 e executada pela DERSA-SP, perfazendo um total de 90 km.

Na atualidade, a fresagem (figura 1) ainda é uma técnica muito empregada, porém, com relação à reciclagem, existem desconfianças, principalmente no que se refere ao comportamento mecânico do material.



Figura 1. Processo de fresagem (BONFIM, 2007).

Através desse cenário, este trabalho justifica-se pela necessidade de se buscar um destino correto para os resíduos da fresagem de pavimentação asfáltica, evitando que sejam descartados em lugares inadequados, sejam eles aterros ou periferias das cidades. Além disso, promover uma maior difusão das vantagens do uso de camadas de pavimentos urbanos e identificar suas potencialidades como agregado de pavimentos é muito relevante para o cenário atual.

Assim, o presente estudo objetivou avaliar o comportamento do material fresado quando misturado com solo local, para aplicação em camadas de sub-base de pavimentos urbanos ou pavimentos com baixo volume de tráfego.

## 2 MATERIAL FRESADO

Os materiais necessários para estabilizar as

camadas dos pavimentos urbanos normalmente utilizados como, por exemplo, cimento e cal tornam a obra onerosa, sendo necessário repensar formas de tornar a construção de vias mais econômicas.

Um fator importante que também justifica a necessidade de um maior estudo nesta área é exploração das jazidas que, além do fator ambiental, tornam as obras muita das vezes inviável devido às grandes distâncias para extração dos materiais e emprego no local de execução da obra.

Sendo assim, verifica-se que Materiais fresados de pavimentação asfáltica podem ser uma das soluções para tornarem as obras de construção de pavimentos mais econômicas e ambientalmente viáveis.

O DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (1997), em seu Glossário de Termos Técnicos Rodoviários, define a fresagem de pavimentos como o “desbastamento a quente ou a frio de superfície asfáltica, como parte de um processo de reciclagem de pavimento asfáltico”.

Segundo Balbo (2007), antes da adoção de qualquer alternativa de restauração, é imprescindível um bom diagnóstico geral dos defeitos para o estabelecimento da melhor solução. Este diagnóstico é precedido por uma avaliação funcional ou uma avaliação estrutural.

Para Bonfim (2007), a fresagem direcionada à restauração de pavimentos originou de equipamentos e processos específicos, o “cold milling machine”, que efetua o desbaste da estrutura por meio simples abrasivo e processo a quente e utiliza o pré-aquecimento da estrutura para facilitar o “desbaste” da mesma. Desta forma, a fresagem do pavimento pode ser realizada de acordo com a temperatura de ocorrência, ou seja, a frio ou a quente.

O Grupo Wirtgen especializado na execução de obras de reciclagem, esclarece que o processo à quente é um método utilizado, exclusivamente, para recuperação de superfícies de pavimentos asfálticos danificados e que, através desse método, é possível restabelecer todas as propriedades relevantes tanto do revestimento quanto da camada subjacente, bem

como a composição dos agregados na camada de desgaste (WIRTGEN, 2012).

Bonfim (2007) classifica os tipos de fresagem quanto à espessura de corte como superficial, rasa e profunda. A fresagem superficial é destinada apenas à correção de defeitos existentes na superfície do pavimento sendo, em muitos casos, dispensado o posterior recapeamento; a fresagem rasa atinge, normalmente, as camadas superiores do pavimento, podendo chegar, em alguns casos, à camada de ligação, sendo que, na maioria dos serviços, esse tipo de intervenção tem uma profundidade média de corte em torno de 5 cm; por último, a fresagem profunda é aquela em que o corte atinge níveis consideráveis podendo alcançar, além da camada de revestimento, às camadas de ligação, de base e até de sub-base do pavimento.

Na perspectiva de Nascimento (2011), a fresagem deve ser aplicada em áreas específicas que possibilite uma emenda sem desnível, evitando-se assim desconforto aos usuários, deformações e escorregamentos do material.

Segundo Bonfim (2007), existem diversas aplicações para o processo de fresagem, a saber: manutenção do greide existente, nivelamento das emendas, correção das deformações plásticas e manutenção para os dispositivos da concessionária (figura 2).



Figura 2: Desnível de 10 cm entre a pista e o tampão de ferro, resultado de dois recapeamentos sem a retirada do revestimento anterior (BONFIM, 2007).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa consistiu na coleta da amostra de solo da região de São Carlos – SP, utilizando-se para isto, os instrumentos: trado e pá. Buscou-se evitar a retirada de materiais da superfície. A figura 3 mostra a coleta de solo:



Figura 3. Coleta de solo (AUTOR, 2018).

O solo foi extraído da rodovia SP – 318, denominada de Engenheiro Thales de Peixoto Júnior, que faz ligação entre a cidade de São Carlos e a cidade de Ribeirão Preto. O solo foi coletado próximo ao Dahma Golf Club, conforme ilustra a figura 4.

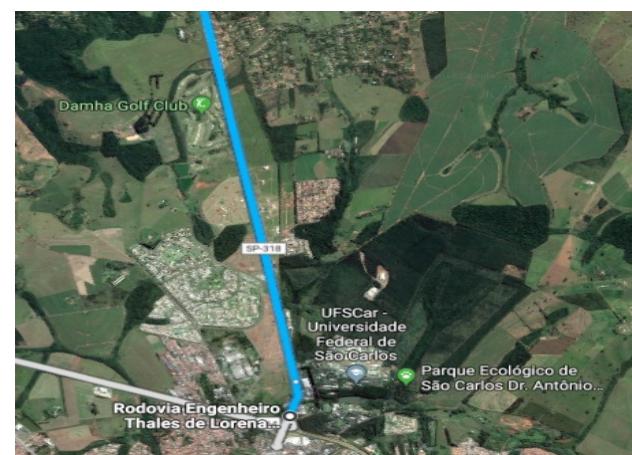


Figura 4. Localização do solo em estudo. Fonte: (GOOGLE EARTH, 2018).

O estudo foi desenvolvido em São Carlos – SP, que é conhecida como “a capital da tecnologia” por possuir em seu território duas universidades, UFSCar e USP, além de várias empresas na área de tecnologia.

### 3.1 Caracterização do Solo

A princípio, foram realizadas as caracterizações do solo e, posteriormente, executados ensaios de granulometria conjunta, a saber, NBR 7181 (ABNT, 1984), massa específica (ABNT NBR 6458:2016), limites de liquidez - NBR 6459 (ABNT, 1984) e limites de plasticidade NBR 7180 (ABNT, 1984). Com os resultados dos ensaios de granulometria conjunta foi possível traçar a curva granulométrica, como mostra a figura 5:

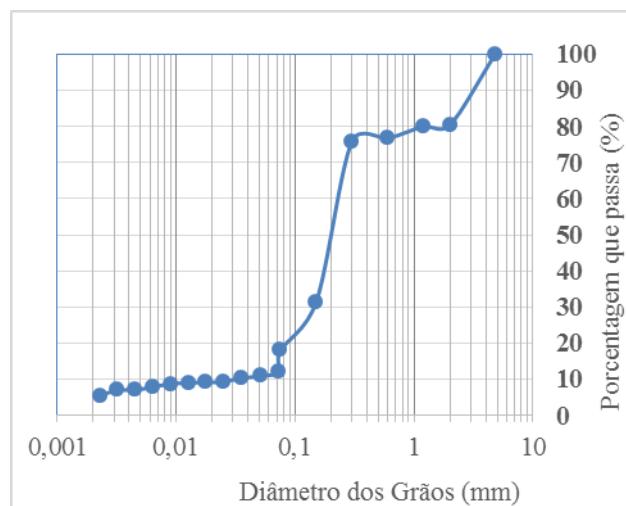


Figura 5. Curva granulométrica do solo.

Por meio da curva granulométrica (figura 5), é possível perceber que material em estudo é um solo descontínuo. Para Bernucci et al. (2008), solos descontínuos solos descontínuos possuem pouca porcentagem de agregados intermediários, o que leva a uma maior atenção para a manipulação das misturas.

Com o objetivo de classificar o solo conforme a metodologia TRB (Transportation Research Board), realizou-se o ensaio de peneiramento (tabela 1).

Tabela 1. Peneiramento do solo.

Peneiras	Retido Acumulado (g)	Material Passado (g)	Passada (%)
2,00 mm	0,62	94,06	100
0,42 mm	16,42	77,64	82,54
0,075 mm	75,35	18,71	19,89

Através da equação 1 é possível calcular a massa seca utilizada no ensaio:

$$Ms = Mh \times Fc \quad (1)$$

Onde:

Ms: Massa seca;

Mh: Massa úmida;

Fc: Fator de conversão;

Sendo 101g o valor do solo úmido e fator de conversão de 0,93, o valor de massa seca foi de 94,06.

Para os ensaios de Limites de consistência, Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, o solo foi classificado como “N.P.” não plástico, obtendo-se, assim, um IP (índice de plasticidade) que é a diferença entre o limite de liquidez e o de limite de plasticidade (LL – LP), igual a N.P.

Em posse dos resultados do ensaio de peneiramento e do ensaio de limites de consistência foi possível realizar a classificação conforme a metodologia TRB. Assim, o solo foi classificado como A – 2 – 4 (0) e, portanto, indicado pela metodologia tradicional como apto à aplicação em camadas inferiores do pavimento, considerado como bom ou excelente.

Também foram realizados ensaios de massa específica dos solos dos grãos de acordo com a equação 2:

$$\delta = \frac{M1 * 100 / (100 + h)}{[(M1 * 100 / (100 + h)) + M3 - M2]} \delta T \quad (2)$$

Onde:

$\delta$  =massa específica dos grãos do solo ( $g/cm^3$ );

M1 = massa do solo úmido (g);

M2 = massa do conjunto picnômetro-solo-água, na temperatura T de ensaio de ensaio (g);

M3 = massa do conjunto picnômetro-água, na temperatura T de ensaio de ensaio (g);

H = umidade inicial da amostra (%);

$\delta T$  = massa específica da água, na temperatura T de ensaio ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ).

Para o resultado da massa específica média foram realizadas três leituras, no qual ficou registrado  $2390 \text{ kg}/\text{m}^3$ .

Além disso, foram realizados ensaios para classificar os solos seguindo as recomendações da metodologia MCT (miniatura compactada tropical), conforme prescrevem as normas:

- DNER – ME 254/94 - Solos compactados em equipamento miniatura - Mini-CBR e expansão;
- DNER – ME 256/94 – Solos compactados por equipamentos em miniatura –determinação de perda de massa por imersão;
- DNER – ME 258/94 - Solos compactados em equipamento miniatura – Mini-MCV.

A tabela 2 a seguir, mostra os coeficientes para a classificação MCT para solos tropicais:

Tabela 2. Índices da classificação MCT.

Material estudado	d'	c'	e'	Pi	Classificação
Solo	18,5	1,2	1,64	331,5	NS'

A figura abaixo mostra o ábaco para classificar o solo conforme a metodologia MCT:

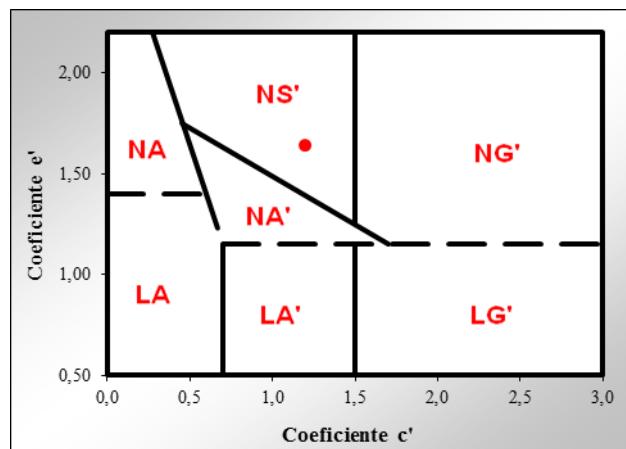


Figura 6. Ábaco de classificação MCT.

Através da tabela 2 e da figura 6, foi possível classificar o solo como siltoso de comportamento não laterítico.

Segundo Balbo (2007), esse tipo de solo é caracterizado por possuir em sua composição materiais como feldspatos, micas e quartzos.

### 3.2 Caracterização do Material Fresado

O material fresado foi cedido pela empresa Datec, localizada no distrito industrial de Ibaté a 10 km de São Carlos. A figura 7 ilustra a coleta do material fresado:



Figura 7. Coleta material fresado.

Seguindo as recomendações da norma DNER – ME 083/98 – Análise Granulométrica Agregados, realizou-se o ensaio de granulometria. A seguir, são apresentados os resultados das caracterizações do material fresado através da curva granulométrica (figura 8):

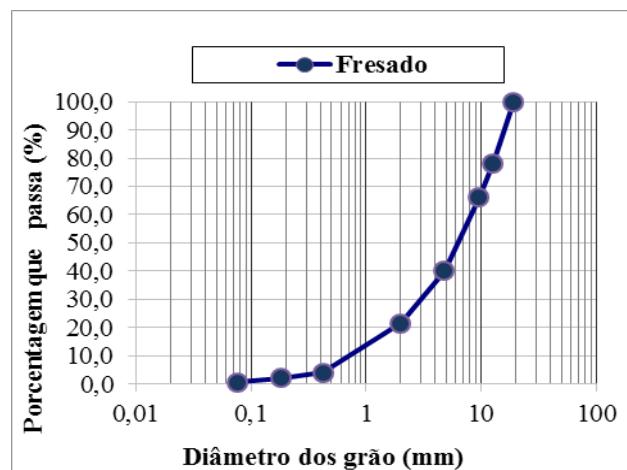


Figura 8. Curva granulométrica do Material Fresado.

É possível visualizar através da figura 9, a seguir, oito vasilhas de vidro que, após o agregado ser peneirado, mostraram os materiais retidos em cada peneira: sendo as peneiras 12,7 mm, 9,5 mm, 4,8 mm, 2,0 mm, 1,18 mm, 0,42 mm, 0,075 mm e fundo. Nas peneiras de malha mais “grossa” ficaram retidas as maiores quantidades do material.



Figura 9. Curva granulométrica do Material Fresado.

De acordo com Barros (2013), este caso pode ser justificado devido a uma aglutinação de partículas menores que são provocadas pelo ligante asfáltico.

Posteriormente, foram realizados ensaios de massa específica e absorção seguindo as recomendações da norma do DNER ME 195/97 – massa específica e absorção para agregados graúdos.

A seguir, é apresentada a equação 3 que mostra como calcular a massa específica de agregados graúdos:

$$\gamma_s = \left( \frac{A - B}{C} \right) \quad (3)$$

Sendo:

$\gamma_s$  =massa específica na condição saturada seca em  $\text{kg/m}^3$  ou  $\text{g/cm}^3$ ;

A = massa do agregado seco em kg ou grama;

B =massa do agregado na condição saturada seca em kg ou g;

C = leitura corresponde ao agregado imerso em água em kg ou g.

Por meio da mesma norma (DNER ME 195/97 – massa específica e absorção para agregados graúdos), calculou-se a absorção dos agregados:

$$a = \left( \frac{B - A}{A} \right) * 100$$

Sendo:

a = absorção do agregado em porcentagem;

A = massa do agregado seco em kg ou grama;

B = massa do agregado na condição saturada seca em kg ou g.

Conforme prescreve a norma do DNER ME 194/98 – determinação da massa específica por meio do frasco de chapmann, foram utilizados neste ensaio apenas os agregados passantes na peneira de 4,8 mm, a equação 4, demonstra como se calcula a massa específica de agregados miúdos.

$$\gamma = \left( \frac{500}{L - 200} \right) \quad (4)$$

Onde:

$\gamma$  = massa específica do agregado miúdo em  $\text{kg/m}^3$  ou  $\text{g/cm}^3$ ;

L = leitura no frasco (volume ocupado pelo conjunto água-agregado miúdo).

Os resultados massa específica e absorção foram de  $2304 \text{ kg/m}^3$ (média dos agregados passantes e retidos na peneira de 4,8 mm) e 1,29%, respectivamente. Os resultados encontrados estão próximos dos observados por Specht et al. (2013).

### 3.3 Preparação da Mistura Solo-Material Fresado de Pavimentação Asfáltica e ISC (Índice de Suporte Califórnia)

A mistura solo-material fresado de pavimentação asfáltica foi preparada seguindo as recomendações da norma do DNER-ME 49/94: Solos - Determinação do Índice de Suporte Califórnia, utilizando amostras não trabalhadas e materiais secos ao ar.

A norma orienta que os materiais que ficarem retidos na peneira de 50 mm sejam descartados, sendo que, na mistura solo-material fresado, não ficou retido nenhum material. Ainda é mencionado na norma que o material que ficar retido na peneira de 19 mm seja substituído pelo material entre as peneiras 19 mm e 4,8 mm. No caso do material em estudo, não houve necessidade, pois, todo o material passou na peneira de 19 mm.

O material fresado foi quarteado (figura 10) de maneira a proporcionar misturas homogêneas:



Figura 10. Material fresado quarteado.

Posteriormente, o material fresado de pavimentação asfáltica foi adicionado em substituição ao solo nas proporções 10%, 20%, 30%, 40% e 50%.

A norma de DNER-ME 49/94: Solos - Determinação do Índice de Suporte Califórnia, utilizando amostras não trabalhadas, estabelece que os materiais devem ser ensaiados acrescentando água de maneira a estabelecer a curva de máxima massa específica, sendo necessário pelo menos cinco pontos (corpos de prova).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste tópico são apresentados os resultados na condição pura e da mistura solo-material fresado, nas proporções 10%, 20%, 30%, 40% e 50%, que são:

- ISC (Índice de Suporte Califórnia);
- Massa específica;
- Expansão;
- Umidades.

Os valores de ISC (figura 11) mostram que a partir da mistura 90% - solo vs 10% - material fresado, a mistura apresentou valor capaz de ser empregado como sub-base ( $ISC > 60\%$ ) de pavimentos urbanos, sendo esta mistura considerada a ideal por atender as exigências.

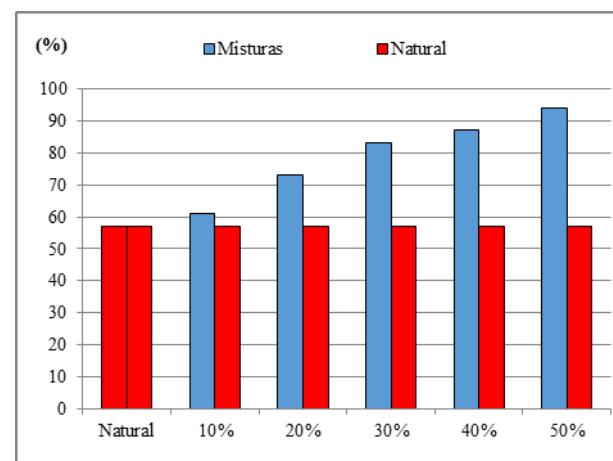


Figura 11. Índice de Suporte Califórnia.

No trabalho realizado por Garcês et al. (2014), foram encontrados valores de ISC na ordem 53% para energia intermediária, demonstrando que os resultados estão de acordo com a literatura técnica.

Além disso, Dias (2015) encontrou resultados aceitáveis para a aplicação de solos siltosos como camada de sub-base de baixo volume de tráfego, reiterando os índices observados de ISC.

As massas específicas dos solos apresentaram valores crescentes (figura 12), sendo que o solo na condição pura (solo de

referência) apresentou  $1991 \text{ kg/m}^3$  e, na mistura 50% de solo vs 50% de material fresado,  $2065 \text{ kg/m}^3$ . Demais valores estão descritos na tabela 3 – resumo dos resultados:

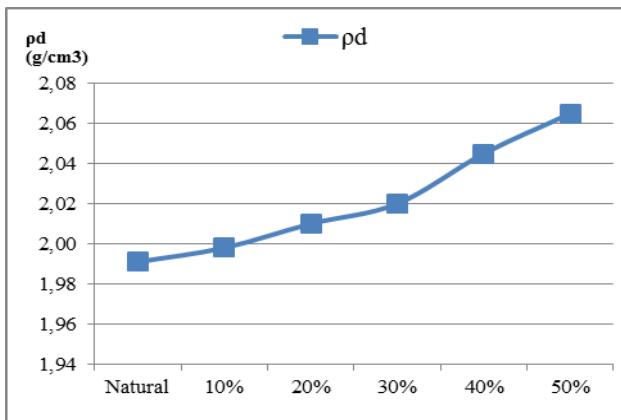


Figura 12. Massa específica.

As pesquisas desenvolvidas por Corrêa et al. (2014) e Garcês et al. (2014) demonstraram que, ao passo em que se acrescenta o material fresado, a massa específica aumenta, sendo esse o resultado ocorrido no presente estudo.

Os valores de expansão do solo puro e nas misturas 10%, 20%, 30%, 40% e 50%, tenderam a apresentar valores decrescentes (figura 13), sendo que o solo na condição pura apresentou 0,15%, valor este exigido por norma que é de, no máximo 0,5%. Já nas misturas com 40 e 50 % de material, não ocorreu expansão.

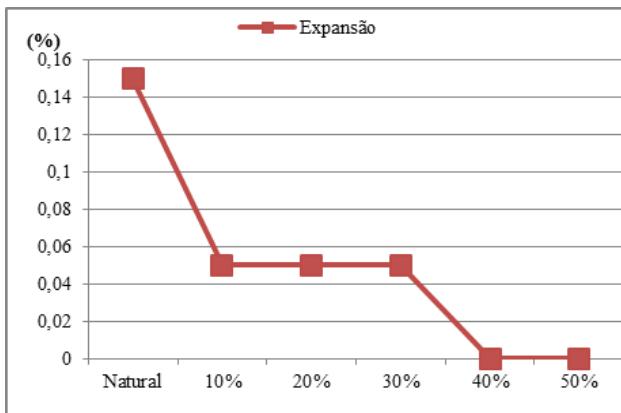


Figura 13. Expansão.

Os valores observados por Corrêa et al. (2014) foram semelhantes aos resultados encontrados neste trabalho, no entanto, para a

mistura 60% de solo e 40% de material foram apresentados valores de 0% para a expansão. Dias (2015), em sua pesquisa sobre a contribuição deste mesmo tipo de solo, apresentou resultados decrescentes de expansão.

As umidades dos solos apresentaram valores decrescentes (figura 14): o solo na condição pura apresentou 7,55%; já na mistura de 50% de solo e 50% de material fresado apresentou 6,55%. Demais valores estão descritos na tabela 3 – resumo dos resultados:

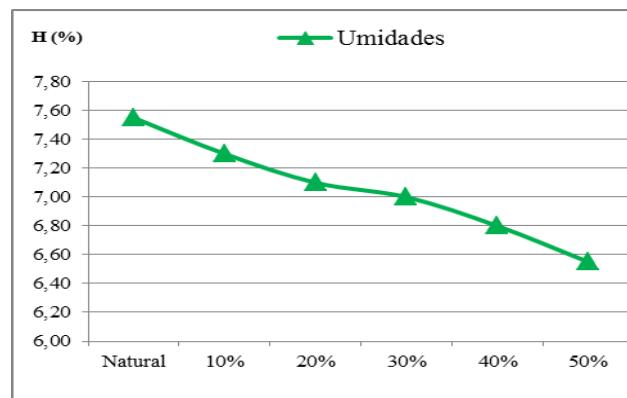


Figura 14. Umidade.

No estudo desenvolvido por Barros (2013) observa-se que, ao passo em que acrescentava o material fresado em substituição ao solo, a umidade diminuía. Esse mesmo fato foi apontado nos trabalhos de Corrêa et al. (2014) e Garcês et al. (2014). Outras pesquisas como, por exemplo, de Dias (2015), reafirmam os resultados de umidade encontrados.

Pelos parâmetros adotados para a classificação das vias da prefeitura municipal de São Paulo, utilizando a mistura considerada ótima, 90% de solo e 10% de material fresado, podem ser executadas as seguintes espessuras: revestimento de 5 cm, base de 10 cm e sub-base de 15 cm, podendo ser aplicada a técnica nas vias local residencial e coletora secundária.

A tabela 3, a seguir, descreve todos os valores dos ensaios de ISC: massa específica, expansão e umidade.

Tabela 3. Resumo dos ensaios

Resumo dos resultados	ISC (%)	Massa específica (kg/m <sup>3</sup> )	Expansão (%)	H (%)
Natural	57	1991	0,15	7,55
10 %	61	1998	0,05	7,30
20 %	73	2010	0,05	7,10
30 %	83	2020	0,05	7,00
40 %	87	2045	0,00	6,80
50 %	94	2065	0,00	6,55

Os cuidados necessários nas misturas são: para o cálculo da umidade é necessário uma massa (solo/material fresado) de pelo menos 1 kg, ao invés de pequenas porções como é caso do solo na condição pura; e faz-se necessário para cada processo de mistura, o ensaio de granulometria a fim de analisar se a composição granulométrica atendeu à curva de projeto;

## 5 CONCLUSÃO

Por ser considerado um solo siltoso não laterítico, inadequado para a aplicação em camadas inferiores de pavimentos segundo a metodologia MCT, a mistura com material fresado poderia contribuir na resistência e qualidade deste solo, como relevaram os resultados encontrados nesse estudo, e atender aos índices exigidos pela norma.

A mistura considerada ótima pode ser com 90% de solo e 10% de material fresado, atendendo aos valores requeridos de, pelo menos, 60% de Índice de Capacidade de Suporte (ISC).

As misturas, em todas as proporções, apresentaram índices de expansão abaixo do exigido e, por tanto, atendem ao parâmetro de serem utilizadas como sub-base de pavimentos com baixo volume de tráfego.

Sugere-se aprofundar os estudos complementando com ensaios de permeabilidade, resiliência e cisalhamento, além de novos estudos com outros materiais a serem incorporados como, por exemplo, um solo mais arenoso, cimento, brita ou agregados reciclados para melhorar suas características.

Dessa forma, conclui-se que a aplicação de misturas de material fresado com solo para

composição de camadas sub-base, de pavimentos flexíveis urbanos ou com baixo volume de tráfego, depende das características dos materiais e do comportamento das misturas. Sabendo-se que, para os materiais estudados, as misturas apresentaram comportamento satisfatório e ganho na capacidade de suporte para camadas de sub-base, possibilitando assim o reaproveitamento do fresado, reduzindo custos de obtenção de outros materiais e evitando o descarte inadequado.

Observou-se também que o aumento da capacidade resistente da estrutura do pavimento pode permitir a redução da quantidade de materiais nas restantes camadas do pavimento.

Portanto, a reutilização de materiais fresados permite aproveitar grandes quantidades destes materiais em zonas onde, usualmente, se utilizam solos ou agregados britados.

## REFERÊNCIAS

- Alvim, I. M. (2001). *Fresagem e Reciclagem de Pavimentos e suas Aplicações na Restauração de Rodovias*. <[www.fresar.com.br](http://www.fresar.com.br)>. Acesso em 28/03/2018.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (1984) - ABNT. NBR 6459: *Solo, Determinação do Limite de Liquidez*. Rio de Janeiro. 6p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (1984) - ABNT. NBR 7180: *Solo, Determinação do Limite de Plasticidade*. Rio de Janeiro. 6p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (1984) - ABNT. NBR 7181: *Análise Granulométrica, Solos, Método de Ensaio*. Rio de Janeiro, 1984a. 15p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2016) – ABNT. NBR 6458: *Solo, Determinação da Massa Específica Aparente*. Rio de Janeiro. 8p.
- Balbo, J. T. *Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração*. São Paulo, 2007, p 15 – 45.
- Barros, F. B. (2013). *Utilização do revestimento fresado da br-104, como material de reforço da camada de base e/ou sub-base*. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Pernambuco, p 30 – 50.
- Bernucci, L. B; Motta, L. M. G.; Soares, J. B.; Ceratti, J. A. P. (2008) *Pavimentação Asfáltica: formação básica para Engenheiros*. Rio de Janeiro – Associação Brasileira das Empresas Distribuidora de Asfalto, p. 10.
- Bonfim, V; (2007). *Fresagem de Pavimentos asfálticos*, São Paulo, v. 3, p. 17 – 68.
- Campos, O. S. (1987) *Serviços de Reciclagem de*

- Serviços Realizados na Rodovia da DERSA. - Desenvolvimento Rodoviário S. A. 22ª Reunião Anual de Pavimentação, Volume 2, Maceió, AL , p 3 – 8.*
- Corrêa, L. A., Braga, M. S., Aguiar, M. F. P. Oliveira, F. H. L., Monteiro, F. F., Neto, J. C. P. (2014). *Melhoramento de Solos para Camadas de Pavimentos Rodoviários com Material Fresado e Estabilização Química, 43ª Reunião Anual de Pavimentação, Maceió – AL, p 2 – 6.*
- Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. *Glossário de Termos Técnicos Rodoviários*. Rio de Janeiro, 1997, p 25.
- Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. DNER ME – 194/1998 *determinação da massa específica por meio do frasco de Chapman*, 1998, p 5.
- Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. DNER ME – 049/1994 *Solos - Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhada*, 1994, p 2 – 7.
- Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. DNER ME – 083/1998 *Análise Granulométrica Agregados*, 1998, p 7.
- Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. DNER ME – 195/1997 *massa específica e absorção para agregados graúdos*, 1997, p 5.
- Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. DNER ME – 254/1994 *-Solos compactados em equipamento miniatura - Mini-CBR e expansão*, 1994, p 6.
- Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. DNER ME – 256/1994 *Solos compactados por equipamentos em miniatuta –determinação de perda de massa por imersão*, 1994, p 3 – 6.
- Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. DNER ME – 258/1994 *Solos compactados em equipamento miniatura*, 1994, p 8.
- Dias, P. S., Pinto, I. E., Costa, C (2015). *Contribuição Ao Estudo de Materiais Fresados Incorporados a um Solo Argilo Siltoso para o Uso em Camadas de Pavimentos Flexíveis, 44ª Reunião Anual de Pavimentação, Foz do Iguaçu – RS, p 3 – 9.*
- Garcês, A., Ribeiro, G. Z., Vaz, E. F., Sereno, M. V. C., Oliveira, V. N. (2014) *Utilização de Material Proveniente de Fresagem na Composição de Base e Sub-base de Pavimentos Flexíveis*, Cobramseg, p 3 -8.
- Google Earth. Disponível em: <<https://www.google.com.br/earth>>. Acesso em 15/03/2018.
- Jimenez, R. A. (1980) *State-of-the-art of Surface Recycling*. *Transportation Research Record*, 1980, p 15 – 27.
- Nascimento, M. V. (2011) *Estudo do comportamento mecânico de misturas Asfálticas recicladas*. 2011. 123f. Dissertação (Mestrado). Campina Grande, Universidade Federal de Campina Grande, PB, p 35 – 50.
- Specht, L. P.; Pires, G. M.; Vitorelo, T.; Hirsh, F.; Cronst, F.; Bergmann, E. C.; Tiefensee, M. D. (2013). *Utilização de Material Fresado como Camada de Pavimento: Estudo Laboratorial e Aplicação em Campo*. 42ª Reunião anual de pavimentação, Gramado, RS, p 1.
- Wirtgen. (2012). *Manual de Reciclagem* (2ª ed.), p 18.