



26° Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR) 49ª Reunião Anual de Pavimentação (RAPV)

ANÁLISE DE PROPRIEDADES GEOTÉCNICAS EM MISTURAS DE RAP, SOLO ARGILOSO E CIMENTO PORTLAND

Guilherme Bravo de Oliveira Almeida¹; Helen Mariana Ribeiro Fontes² & Lucila Costa Sales³

RESUMO

O pavimento asfáltico, ao ser deteriorado, pode ser removido através do processo denominado fresagem. O resíduo gerado são fragmentos do concreto asfáltico envelhecido. Esses se apresentam como material de qualidade que pode ser incorporado ao solo promovendo a estabilização granulométrica. Associada a estabilização química, a mistura solo-fresado-aditivo pode constituir-se como um material de construção, especialmente na pavimentação. Pesquisas apresentam a viabilidade do uso de misturas de solo e fresado com ou sem aditivos com o objetivo de alterar algumas propriedades. Assim, esta pesquisa tem o objetivo de analisar, física e mecanicamente, algumas propriedades geotécnicas de misturas de concreto asfáltico fresado, solo argiloso e cimento Portland de alta resistência inicial para fins de utilização em camadas do pavimento. A marcha de ensaios envolveu a caracterização física e mecânica, seguindo procedimentos normativos, de misturas contendo 20, 30 e 50% de material fresado e o teor fixo de 5% cimento. Dos resultados foi possível verificar que adição de material fresado alterou a granulometria, apresentou uma tendência de redução da plasticidade, porém, não alterou a classificação do solo. Quanto à caracterização mecânica, o fresado faz aumentar a massa específica aparente seca máxima e diminuir o teor de umidade ótimo. Em relação as resistências, o teor de 30% de fresado apresentou maior resistência à compressão e à tração. Portanto, esta pesquisa demonstrou que o material fresado, ao ser misturado ao solo argiloso e ao teor de 5% de cimento Portland, altera certas propriedades geotécnicas. No entanto, neste caso, não sendo possível a aplicação como camada do pavimento. Não obstante, a mistura pode ser trabalhada e ajustada, segundo os critérios normativos, propondo-se ser um material aplicável em obras geotécnicas com alto consumo de material, a exemplo de obras rodoviárias.

PALAVRAS-CHAVE: Estabilização de Solo; RAP; Cimento Portland.

ABSTRACT

When asphalt paving deteriorates, it can be removed through a process called milling. The waste generated is fragments of aged asphalt concrete. These are a quality material that can be incorporated into the soil, promoting granulometric stabilization. Combined with chemical stabilization, the soil-milled-additive mixture can be used as a construction material, especially for paving. Research shows the feasibility of using soil-milled mixtures with or without additives in order to alter certain properties. Therefore, this research aims to analyze, physically and mechanically, some geotechnical properties of mixtures of milled asphalt concrete, clayey soil and high-early strength Portland cement for use in pavement layers. The tests involved the physical and mechanical characterization, following standard procedures, of mixtures containing 20, 30 and 50% milled material and a fixed content of 5% cement. The results show that the addition of milled material altered the grain size and showed a tendency to reduce plasticity, but did not change the soil classification. In terms of mechanical characterization, the milled material increased the maximum dry density and decreased the optimum moisture content. In terms of strength, the 30% milled content showed higher unconfined compressive and indirect tensile strengths. Therefore, this research demonstrated that the milled material, when mixed with clayey soil and a 5% Portland cement content, alters certain geotechnical properties. However, in this case, it is not possible to apply as pavement layer. The mixture can be worked on and adjusted, according to regulatory criteria, proposing to be a material applicable in geotechnical works with high material consumption, such as road works.

KEY WORDS: Soil Stabilization; RAP; Portland Cement.

¹ Professor Adjunto, Universidade Federal de Sergipe, gbravo1982@gmail.com

² Graduanda, Universidade Federal de Sergipe, mafonteshelen@gmail.com

³ Analista em Infraestrutura de Transportes, DNIT, lucila.sales@dnit.gov.br



INTRODUÇÃO

Quando um pavimento asfáltico se torna deteriorado, é necessário restaurá-lo, o que pode ser feito através da execução de espessuras adicionais de camadas ou através de corte de todo ou parte do revestimento deteriorado e execução de nova camada. O corte de todo ou parte do revestimento deteriorado é realizado através de máquina fresadora, que utiliza rolos especiais munidos de pontas diamantadas cortantes para realizar o desbaste (BERNUCCI et al., 2008).

Assim, o material gerado na operação de fresagem nada mais é do que o revestimento asfáltico removido de ruas, avenidas ou estradas deterioradas quando da sua manutenção, reconstrução ou restauração. Trata-se, portanto, de fragmentos de concreto asfáltico envelhecido. Segundo Bonfim (2007), esse material possui características nobres e, por isso, pode ser reutilizado como material de pavimentação. Na bibliografia internacional, é conhecido como *Reclaimed Asphalt Pavement*, resumida pela sigla RAP. Bonfim (2007) realizou um estudo detalhado com esse material, incluindo a granulometria com e sem extração do betumo do fresado.

Os efeitos da adição do material fresado ao solo podem ser observados em algumas das propriedades como granulometria, densidade dos grãos, limites de Atterberg, compactação e resistência. Essa incorporação pode proporcionar ao solo uma estabilização mecânica através da correção na sua granulometria. Entende-se que essa correção pode ser conseguida pela adequada distribuição das diversas porções de diâmetro dos grãos. Senço (2001) explica que os vazios dos grãos maiores são preenchidos pelos grãos médios, e os vazios desses, pelos miúdos. Assim, a estrutura densa representa um produto de massa específica aparente superior à dos componentes, o que lhe dá maior resistência e impermeabilidade, promovendo benefícios ao material de pouca qualidade.

O método físico de estabilizar o solo, através da compactação, possibilita uma melhoria daquelas propriedades. Em concordância com Das (2007), a compactação de um solo deixa-o mais denso, através da remoção do volume de ar. Para isso, deve ser aplicada certa energia, o que promoverá melhorias ao solo com o aumento na sua resistência e diminuição da permeabilidade.

Não só a estabilização física, mas também a química pode se somar e promover alterações no solo de forma a modificar ou aglutinar os grãos, trazendo melhorias em uma ou mais propriedades do solo. Segundo Cruz e Jalali (2010), este tipo de estabilização se apresenta como a melhor alternativa para estabilizar solos para fins rodoviários. A eficiência de um ou outro aditivo depende mais do tipo do solo. No entanto, qualquer solo pode ser estabilizado, não existindo o melhor, mas o mais indicado. Entre os aditivos cal, betume e cimento Portland, este último tem um campo de aplicação mais generalizado, dada a sua facilidade de obter e adequabilidade a maioria dos solos (LITTLE, 1995).

Kamel, Al-Bustami e Alsulami (2016) verificaram uma diminuição nos valores dos limites de Atterberg das misturas com o aumento do teor de material fresado, levando aquelas com maiores teores a condição não plástica.

Alhaji e Alhassan (2018), em seu estudo sobre estabilização de uma argila muito mole e expansiva com material fresado, verificaram um decréscimo gradual na densidade real das misturas com o aumento do teor de material fresado até 80%. A partir daí, foi observada uma queda brusca na densidade até um teor de 100% de material fresado. Essa tendência foi justificada por uma maior densidade apresentada pela argila (2,49), em relação ao do fresado (2,01).

Alhaji et al. (2019), em seu estudo sobre tratamento de solos lateríticos com material fresado e cimento, observaram uma tendência de aumento da massa específica seca máxima com o aumento



do teor de material fresado até 120% por peso do solo. A partir daí, os valores decresceram. O aumento do teor de material fresado melhorou a graduação do solo, o que provocou um aumento na massa específica da mistura. Segundo os autores, o aumento da quantidade de material fresado além de 120% do peso do solo resultou na criação de novos vazios, o que reduziu a massa específica da mistura.

Com relação à umidade ótima, Alhaji et al. (2019) observaram uma diminuição da umidade ótima com o aumento do teor de material fresado até o teor de 120% em peso do solo. A partir daí, observou-se um aumento na umidade ótima. Segundo os autores, a redução na umidade ótima se deve à diminuição da quantidade de solo laterítico, que contém um alto teor de finos, e ao aumento da quantidade de material fresado, que apresenta pouca ou nenhuma absorção de água. Já o aumento observado a partir dos 120% em peso de solo de material fresado foi justificado pela criação de novos poros pelo excesso de material fresado.

Diante do exposto, esta pesquisa teve como objetivo analisar, física e mecanicamente, propriedades geotécnicas de misturas de concreto asfáltico fresado, solo argiloso e cimento Portland para fins de utilização em camadas do pavimento. A hipótese formulada está baseada na influência que os teores de material fresado podem proporcionar, em um solo fino incorporado ao teor fixo de aditivo, promovendo alterações nas propriedades geotécnicas, com consequência utilização como camada de pavimento.

PROGRAMA LABORATORIAL

O material fresado foi proveniente de ruas e avenidas da cidade de Aracaju/SE, sendo coletado na usina de asfalto da Empresa Municipal de Obras e Urbanização (EMURB) localizada em São Cristóvão/Se. O solo foi coletado na jazida Cajueiro, também localizada no mesmo município. O cimento utilizado foi o CP V – ARI, por possuir menos adições em sua composição, apresentar alta resistência inicial e ser de fácil aquisição no mercado.

As misturas envolveram teores de 20, 30 e 50% de material fresado, com o objetivo de estabilizar granulometricamente, e 5% de cimento Portland, com o objetivo de estabilizar quimicamente. Essas porcentagens foram tomadas em relação à massa total da mistura.

Os ensaios envolvidos neste programa seguiram os procedimentos normativos listados abaixo:

a) Preparação de amostras

A norma DNER-ME 041: solo – preparação de amostras para ensaios de caracterização foi utilizada para preparar os materiais.

b) Caracterização física

Para caracterização física foram utilizadas as normas DNER-ME 051: solos – análise granulométrica, DNER-ME 093: solos – determinação da densidade real, DNER-ME 082: solo – determinação do limite de plasticidade e DNER-ME 122: solo – determinação do limite de liquidez. No material fresado, será verificada a norma DNIT-ME 412: pavimentação – misturas asfálticas: análise granulométrica de agregados graúdos e miúdos e misturas de agregados por peneiramento.

c) Caracterização mecânica

Para obtenção dos parâmetros de compactação serão utilizadas as normas DNER-ME 162: solo – compactação utilizando amostras trabalhadas, considerando a energia de compactação modificada (método C).

Os ensaios de resistência à compressão simples foram realizados de acordo com o indicado na norma DNER-ME 201: solo-cimento – compressão axial de corpos de prova cilíndricos. A prensa



utilizada para rompimento dos corpos de prova foi a EMIC Equipamentos e Sistemas de Ensaios modelo maquina universal de ensaios eletrodinâmica e microprocessada DL 20000, pertencente ao Laboratório de Materiais de Construção e Estrutura.

A resistência à tração por compressão diametral será determinada, tomando-se como base a norma DNIT-ME 136 pavimentação asfáltica – misturas asfálticas – determinação da resistência à compressão diametral, tendo em vista a ausência de normativo referente a solo. A prensa utilizada para romper os corpos de prova foi o modelo I-2001-A Prensa Marshall Elétrica com anel dinamométrico com capacidade de 5.000 Kgf e extensômetro de resolução 0,001 mm, pertencente ao Laboratório de Geotecnia e Pavimentação da Universidade Federal de Sergipe.

Os corpos de prova moldados para os ensaios de resistência à compressão simples e à tração por compressão diametral ficaram submetidos à cura por sete dias em câmara úmida.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra as curvas granulométricas do solo puro, material fresado (MF) e misturas envolvendo solo e teores de 20, 30 e 50% MF.

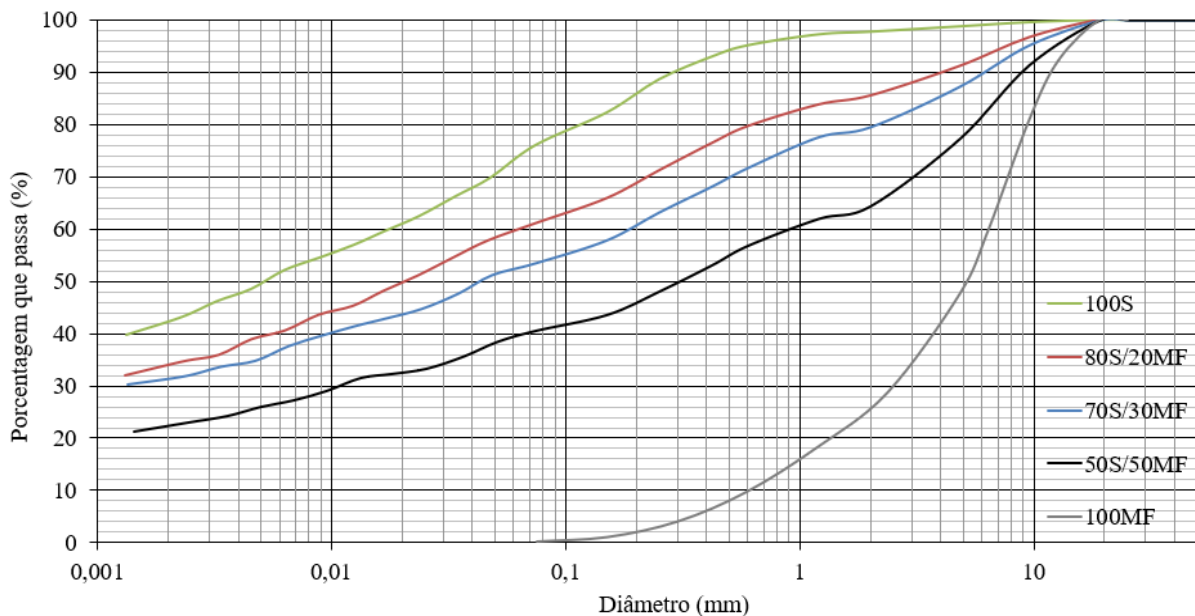


Figura 1. Curvas granulométricas do solo, material fresado (MF) e misturas % solo % MF (AUTOR, 2024).

Ao comparar a granulometria do solo com as misturas, observam-se variações em todas as frações, porém, a fração areia não apresentou grandes diferenças (variação máxima de 4,3%). Essa baixa variação é justificada pela mesma proporção de areia que contém no material fresado (25,31%). Ao se misturar solo e material fresado, apenas retira-se a fração areia do solo e acrescenta a fração areia do material fresado. Assim, a proporção se mantém próxima.

Entretanto, a fração pedregulho comporta-se de maneira diferente, uma vez que o baixo teor deste tamanho de grão no solo é baixo (2,27%). Ao se misturar solo e material fresado, o acréscimo de partículas maiores, dado pelo material fresado, aumenta a diferença entre as misturas com o aumento da porcentagem de material fresado. Na Figura 1 pode-se observar uma queda das curvas



até o diâmetro 2 mm, representando uma maior quantidade de material retido neste diâmetro que corresponde a fração pedregulho.

Por outro lado, as frações silte e argila apresentaram reduções. Essa diminuição, aproximadamente a metade, acontece pela quase ausência de grãos menores que 0,075 mm no material fresado. Da Figura 1, nota-se certo paralelismo nas curvas granulométricas a partir do diâmetro 0,075 mm.

Para a faixa correspondente aos diâmetros 2 a 0,075 mm, nota-se, a partir de observações da Figura 1, a formação de um pequeno patamar entre 1 e 2 mm seguido de uma mudança de angulação das curvas do solo e das misturas. Esse comportamento da curva está relacionado à mesma proporção da fração areia que existe entre o solo e o material fresado.

A Tabela 1 apresenta dados em porcentagens do material passante nas peneiras N°4 (#4,8 mm), N°10 (2 mm), N° 40 (0,42 mm), N°200 (#0,075 mm). Além desses dados, a Tabela fornece os resultados dos limites de Atterberg, densidade real dos grãos, índice de grupo e a classificação do solo, do material fresado e das misturas estudadas, de acordo com a AASHTO.

Tabela 1. Dados de parte da granulometria, limites de Atterberg, densidade real, índice de grupo e classificação do solo puro, material fresado e misturas do solo e material fresado (AUTOR, 2024).

Amostra	Composição granulométrica % que passam nas peneiras				L _L (%)	I _P (%)	D ₂₀	IG	Classificação da amostra
	# 4	# 10	# 40	# 200					AASHTO/TRB
Solo puro	98,75	97,73	92,97	75,99	51	28	2,66	18	A-7-6
80% Solo 20% MF	91,11	85,47	76,36	61,00	49	26	2,59	13	A-7-6
70% Solo 30% MF	87,29	79,56	68,19	53,52	48	27	2,59	11	A-7-6
50% Solo 50% MF	77,29	64,41	53,11	40,56	46	25	2,48	6	A-7-6
Material fresado	47,61	25,31	6,42	0,23	NP	NP	2,26	0	A-1-a

Da Tabela 1 é possível observar que, para a classificação AASHTO, a adição dos teores estudados de material fresado não foi suficiente para alterar o grupo do solo, permanecendo como A-7-6. Para o índice de grupo (IG), ocorreu uma redução à medida que o acréscimo de material fresado foi incorporado ao solo. Isso é atribuído aos limites de Atterberg e a fração passante na peneira 0,075 mm que diminuíram. Como não ocorreram mudanças no grupo de solo para os três teores de material fresado, a avaliação geral para o solo e as misturas é que o material estudado ainda é fraco a ruim como subleito.

Quanto à plasticidade, os valores de IP reduzem ao incorporar o material fresado. Porém, essa redução não seguiu uma proporção ao adicionar o material fresado. Isso pode ser explicado: ao se adicionar material fresado, sabendo-se que este possui pouco material passante na peneira # 40 (6,42%), esperava-se que a plasticidade reduzisse mais; os resultados mostraram que os teores de material fresado ainda não contribuíram na redução considerável do IP em relação ao solo puro. Assim, os limites de Atterberg estão sendo influenciados pelo carácter plástico do solo presente nas misturas.

Para as densidades reais dos grãos (D₂₀) observa-se que ao adicionar o material fresado ocorre uma diminuição. Isso pode estar associado à baixa densidade obtida do material fresado (2,26).

A Figura 2 apresenta as curvas de compactação do solo puro e das misturas % solo % material fresado. Ao observar o comportamento das curvas, nota-se um aumento na massa específica aparente seca à medida que há um acréscimo de material fresado. Entretanto, a umidade ótima diminui. Isso ocorre devido à diminuição da quantidade de solo na amostra, pois tal redução resulta em uma menor quantidade de partículas que absorvem água. Contribui nessa redução de umidade, a



baixa absorção por parte dos grãos que compõem o material fresado, sendo este o responsável pelo aumento na massa específica.

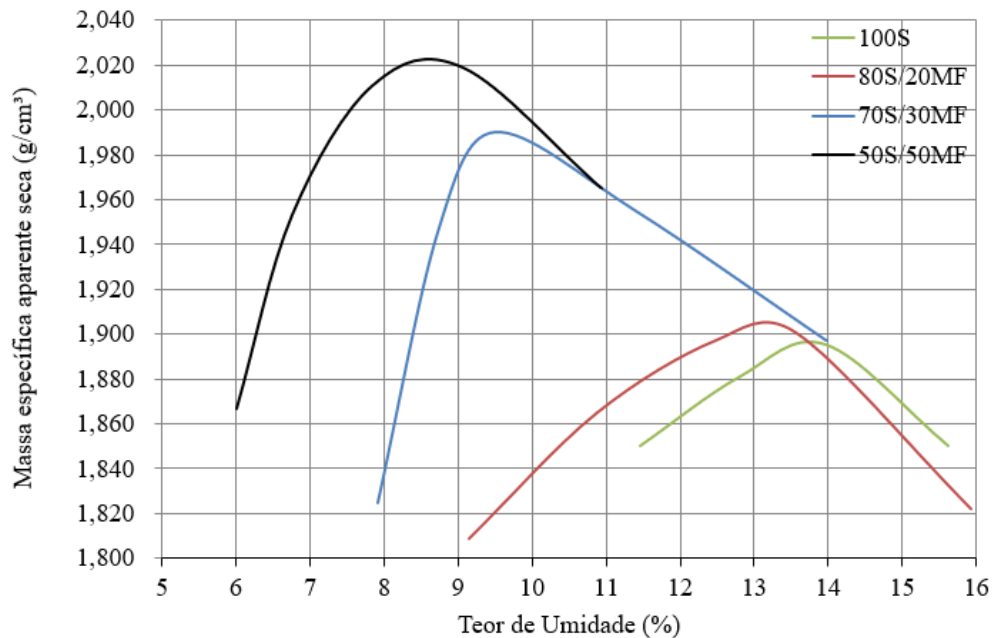


Figura 2. Curvas de compactação do solo e misturas % solo % MF (AUTOR, 2024).

A Figura 3 apresenta as médias das resistências à compressão simples e à tração por compressão diametral das misturas contendo solo, teores de material fresado e 5% de cimento Portland.

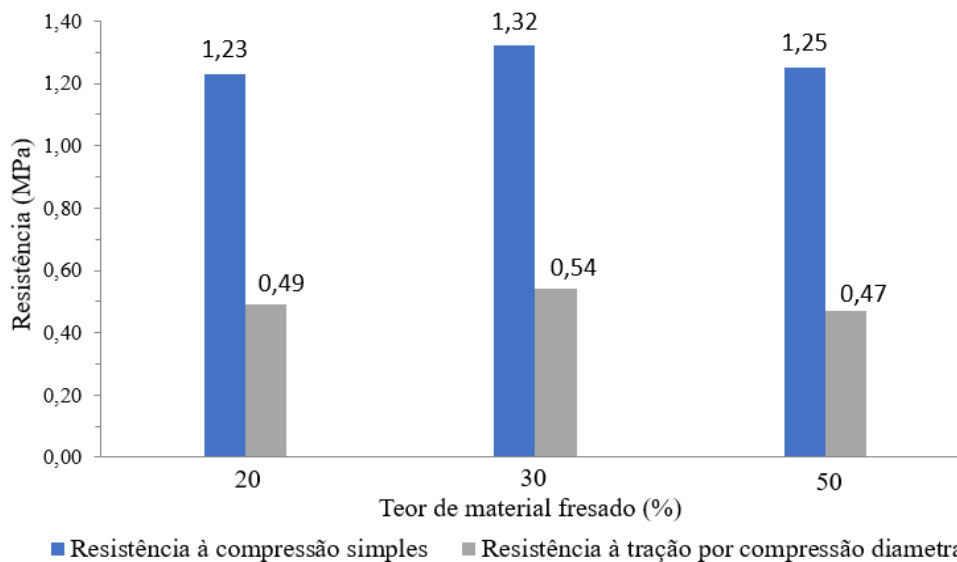


Figura 3. Resistência à compressão simples e à tração por compressão diametral das misturas solo, material fresado e 5% de cimento Portland (AUTOR, 2024).



Observa-se que há um aumento da resistência à compressão para 30% de fresado, em seguida ocorre uma redução. Tal aumento pode estar relacionado à melhoria da granulometria e da plasticidade para esta mistura. Porém, a redução da resistência para o teor de 50% de fresado pode estar associado ao excesso de material coberto por asfalto, além da dificuldade de se manter um corpo de prova uniforme e regular ao ser moldado neste teor de material fresado.

Tomando-se como base a norma solo-cimento para base, segundo DNIT-ES 143, a resistência à compressão para solo-cimento deve ser 2,1 MPa. Portanto, as misturas testadas aqui nesta pesquisa não apresentaram valores desta magnitude. Entretanto, vale destacar que solo-cimento e solo, material fresado e cimento são misturas diferentes, sendo esta última mais heterogênea. É possível chegar a valores dessa resistência para as misturas com material fresado se aumentar o teor de cimento. Porém, torna-se economicamente inviável uma vez que o aditivo é o material mais caro da mistura.

Da Figura 3, também se observa que a resistência à tração tem o maior valor para a mistura com 30% de material fresado, em seguida ocorre uma redução. Este comportamento pode estar relacionado a uma melhoria no entrosamento entre os grãos, além da união que o 5% de cimento proporcionou aos grãos desta mistura. Para o teor de 50% de fresado, ocorre uma queda na resistência explicada pela maior quantidade de material fresado dificultando aquele entrosamento entre grãos, sendo necessários maiores teores de cimento para garantir maior resistência.

Ao comparar as resistências à compressão e à tração, nota-se que a tração representou cerca de 40%, 41% e 38% da resistência à compressão para os teores de 20, 30 e 50% de fresado, respectivamente. Tais relações são superiores aquela apresentada por Ingles e Metcalf (1972) de 10%. Vale destacar que, assim como ocorreu na moldagem dos corpos de prova à compressão, a moldagem à tração, para o teor de 50% de fresado, teve-se a mesma dificuldade em manter um corpo de prova uniforme e regular.

Silva et al. (2018) estudaram misturas envolvendo RAP, pó de pedra e acrescido 6% de cimento CP IV-32. As amostras compreenderam misturas com variações de 20% de fresado. Os autores observaram um aumento linear de resistência à compressão e à tração, com o aumento do tempo de cura. Em todas as misturas, a resistência à compressão de 2,1 MPa foi atingida. Porém, as misturas contendo 100% de pó de pedra e 100% de fresado não se enquadraram nas faixas granulométricas de trabalho. Os autores concluem descrevendo que as misturas 80F20P e 60F40P apresentaram os melhores resultados.

CONCLUSÃO

O programa laboratorial apresentado comprova, em partes, a hipótese formulada, uma vez que teores de material fresado alterou algumas das propriedades geotécnicas. Assim, foi possível concluir que a adição do concreto asfáltico fresado aumentou o teor de pedregulho, diminuiu o teor da fração fina e pouco variou a fração areia.

Os limites de Atterberg sofrem alterações fazendo diminuir o índice de plasticidade. A densidade real dos grãos diminuiu influenciada pela menor densidade do fresado. A classificação do solo não sofreu modificação no nome do grupo.

As curvas de compactação apresentaram o comportamento de aumentar a massa específica seca máxima com redução da umidade ótima, influenciadas pelo aumento do material fresado.

Das misturas com a adição de 5% de CP V-ARI, aquela com 30% de material fresado foi a que apresentou maior valor de resistência à compressão e à tração. No entanto, das misturas analisadas,



nenhuma delas atenderiam a todos os requisitos estabelecidos por normas técnicas. Porém, foi possível obter um novo material com propriedades geotécnicas melhores em relação ao solo puro e ao fresado.

Por conseguinte, o novo material pode ser trabalhado e ajustado, segundo os critérios normativos, propondo-se ser um material aplicável em obras geotécnicas com alto consumo de material, a exemplo da pavimentação. Como consequência, tem-se o aproveitamento de um resíduo oriundo da fresagem da camada asfáltica, redução na extração de solo natural na jazida e diminuição do transporte dos materiais.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Coordenação de Pesquisa (Copes), Laboratório de Geotecnia e Pavimentação (GeoPav) e ao Laboratório de Materiais de Construção e Estrutura (LAMCE) da Universidade Federal de Sergipe pela realização dos ensaios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alhaji, M. M.; Alhassan, M. Effect of reclaimed asphalt pavement stabilization on the microstructure and strength of Black Cotton Soil. *International Journal of Technology*, Depok, Indonésia, v. 9, n. 4, p. 727-736, 2018.
- Alhaji, M. M. et al. Laboratory and field evaluation of A-6 lateritic soil treated with reclaimed asphalt pavement and ordinary Portland cement. *International Journal of GEOMATE*, Tsu, Mie, Japão, v. 17, n. 63, p. 360-370, 2019.
- Bernucci L. B. et al. *Pavimentação asfáltica. Formação básica para engenheiros*. Rio de Janeiro: Petrobras, ABEDA, 2006. 501 p.
- Bonfim, V. *Fresagem de pavimentos asfálticos*. 3.ed. São Paulo: Exceção Editorial, 2007.
- Cruz, M.L.S.; Jalali, S. Melhoramento do desempenho de misturas de solo-cimento. *Revista Luso-Brasileira de Geotecnia*, Portugal, n. 120, p. 49-64, nov.2010.
- Das, B.M. *Fundamentos de engenharia geotécnica*. 6 ed. Tradução All Tasks; revisão técnica Pérsio Leister de Almeida Barros. São Paulo: Thomson Learning, 2007.
- DNER - Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. DNER-ME 041: solo: preparação de amostras para ensaios de caracterização. Rio de Janeiro: DNER, 1994.
- DNER – Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. DNER-ME 051: solos: análise granulométrica. Rio de Janeiro: DNER, 1994.
- DNER – Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. DNER-ME 082: solos: determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro: DNER, 1994.
- DNER – Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. DNER-ME 093: solos: determinação da densidade real. Rio de Janeiro: DNER, 1994.
- DNER – Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. DNER-ME 122: solos: determinação do limite de liquidez: método de referência e método expedito. Rio de Janeiro: DNER, 1994.
- DNER – Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. DNER-ME 162: solos: ensaio de compactação utilizando amostras trabalhadas. Rio de Janeiro: DNER, 1994.
- DNER – Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. DNER-ME 201: solo-cimento: compressão axial de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro: DNER, 1994.



Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. DNIT-ME 412: pavimentação: misturas asfálticas: análise granulométrica de agregados graúdos e miúdos e misturas de agregados por peneiramento: método de ensaio. Brasília: Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR), 2019.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. DNIT-ME 136: pavimentação asfáltica: misturas asfálticas: determinação da resistência à tração por compressão diametral: método de ensaio. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR), 2018.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. DNIT-ES 143: pavimentação - base de solo-cimento – Especificação de serviço. Brasília: Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR), 2022.

Ingles, O.G.; Metcalf, J.B. Soil stabilization – principles and practice. New York: John Wiley & Sons. 1972.

Kamel, M. A.; Al-Bustami, N. M.; Alsulami, B. T. Evaluation of the suitability of recycled asphalt pavement (RAP) for subbases. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, Madhya Pradesh, Índia, v. 6, n. 5, p. 212-215, 2016.

Little, D.N. Handbook for stabilization of pavement subgrades and base courses with lime. 1995, 219 p. Disponível em: <http://www.limetexas.org/publications/txt_56741_4o.pdf>. Acesso em 15 ago. 2022.

Senço, W. Manual de técnica de pavimentação. 1.ed. Volume 2. São Paulo: Pini, 2001. 671 p.

Silva, M.R. et al. Estudo da estabilização granulométrica e química de material fresado com emprego em camada de pavimento. Revista de Engenharia Civil IMED, Passo Fundo, v. 5, n. 1, p. 20-31, jan-jun., 2018. ISSN 2358-6508. DOI:<https://doi.org/10.18256/2358-6508.2018v5il.2079>.