

USO DO MATERIAL FRESADO ESTABILIZADO GRANULOMETRICAMENTE EM CAMADAS GRANULARES NA PAVIMENTAÇÃO

Carine Molz

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura
(PPGCI) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

carinemolz@hotmail.com

Tatiana C. Cervo

Professora/Pesquisadora do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria

cervo.tatiana@gmail.com

Resumo. *Esta pesquisa objetiva avaliar, por meio de ensaios laboratoriais, a utilização do material fresado puro e estabilizado granulometricamente com pó de pedra em camadas subjacentes na pavimentação. Neste estudo utilizou-se fresado, obtido do processamento superficial da BR-287 em Santa Maria-RS, e pó de pedra basáltica. Tendo em vista as especificações granulométricas do DNIT, realizaram-se ensaios laboratoriais de caracterização e resistência mecânica da mistura de 70% fresado e 30% de pó de pedra, assim, como ensaios de caracterização nestes materiais individualmente. Em relação aos resultados, considerando os valores obtidos através da análise experimental da mistura e do fresado, ambos apresentaram viabilidade de utilização, podendo a mistura ser aplicada em camadas de sub-base e reforço de subleito de pavimentos.*

Palavras-chave: *Fresado. Pavimento. Viabilidade.*

1. INTRODUÇÃO

Tendo em vista a realidade precária de muitas vias brasileiras e a importância

econômica que as mesmas representam, surge a necessidade de manutenção das rodovias existentes, gerando grandes quantidades de resíduo resultante da fresagem de trechos de revestimento deficiente. Este excedente gerado, muitas vezes, é depositado em locais irregulares e, como solução de baixo custo para esta problemática, aponta-se a possibilidade de utilização deste material nas diversas camadas do pavimento, contribuindo para a preservação ambiental (FONSECA et al., 2014). Além disso, a reciclagem de pavimentos também provoca reduções no custo final da obra, devido ao menor gasto com ligante, exploração de jazidas de agregado natural, consumo de energia, entre outras vantagens.

O excedente resultante da fresagem da camada asfáltica é constituído, em maioria, de agregado pétreo - areia, filler e brita- e cimento asfáltico oxidado. Barros (2013) menciona que este pode ser considerado um agregado de boa qualidade para a pavimentação, e, desta forma, a não utilização deste é considerada um desperdício de material e de alternativa de destino ecologicamente correto, já que este é um rejeito da pavimentação. Assim, o autor ainda cita que o residual fresado pode ser reutilizado como agregado reciclado de revestimento asfáltico, aterros, reforços de

subleito, misturado com outros materiais para a constituição de camadas de base ou sub-base, entre outras aplicações.

Desta forma, sabendo-se das possíveis aplicabilidades do fresado e buscando a redução dos impactos ambientais associados e também a diminuição dos custos rodoviários, a utilização e a pesquisa de viabilidade deste material na pavimentação torna-se justificável e imprescindível, sendo considerada a aplicação deste excedente uma solução sustentável.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Fresagem de pavimentos

Segundo o Manual de Terminologias Rodoviárias do DNIT (2007), a fresagem é definida como uma técnica de reciclagem de pavimentos que provoca a retirada da camada asfáltica superficial. Este processo ocorre antes da restauração da superfície de rolagem, quando o revestimento apresenta defeitos significativos que não podem ser corrigidos com reparos localizados.

A fresagem é um processo que possibilita a reobtenção do agregado, porém este se encontra envolto por revestimento asfáltico envelhecido e desgastado, apresentando um arranjo granulométrico modificado (PIRES, 2014). A composição granulométrica do fresado é dependente do grau de oxidação do revestimento asfáltico, da temperatura ambiente, do estado de deterioração do pavimento, da espessura de corte e do estado dos dentes que provocam o arrancamento do material da máquina fresadora (BALBO, 2007).

A escolha do processo específico de fresagem do pavimento, conforme David (2006), é dependente da capacidade estrutural e das condições que o revestimento do pavimento apresenta, dos equipamentos disponíveis, da avaliação dos custos, das condições ambientais, entre outros fatores. Esta técnica pode ser realizada a quente ou a frio. Na

fresagem a frio, ocorre o desbastamento abrasivo da superfície, na temperatura ambiente e em espessura previamente determinada, através do auxílio das lâminas de corte de uma máquina fresadora. Na execução a quente o revestimento é previamente aquecido, seguido da remoção superficial mecânica (BARROS, 2013).

2.2 Reciclagem na pavimentação

No Brasil, a fresagem de pavimentos teve início na década de 80 com a execução de um trecho de restauração da rodovia Anchieta, na cidade de São Paulo, para a DERSA (Desenvolvimento Rodoviário S.A), utilizando uma máquina fresadora americana e reciclagem a frio (BONFIM, 2011).

A reciclagem na pavimentação, segundo David (2006), pode ser definida como o processo de reutilização dos excedentes, gerados a partir do beneficiamento em campo, na restauração ou construção de nova via. Nesta técnica, para a constituição de uma nova estrutura do pavimento, pode ser utilizada a totalidade ou parte da estrutura do pavimento, com adição, ou não, de outros materiais.

Atualmente no país, desenvolvem-se cada vez mais projetos que contemplam a utilização do resíduo fresado. Como exemplo, Barros (2013) pesquisou a possibilidade de uso do material fresado composto com solo de jazida natural para base e sub-base de pavimentos, de modo a proporcionar uma alternativa técnica, econômica e ambiental para este resíduo. Como resultado do estudo, este autor obteve viabilidade de utilização em ambas camadas para uma proporção de mistura de 50% fresado e 50% solo.

Da mesma forma, Pinto et al. (2011) realizou o estudo de outra alternativa para o resíduo gerado da fresagem de pavimentos através da incorporação deste, sem adições, na regularização e nivelamento do acostamento rodoviário. Esta pesquisa avaliou um trecho experimental na RSC-287 e comprovou, através de ensaios laboratoriais e em campo, a

possibilidade de utilização do material, mesmo sem a estabilização granulométrica e química.

Ademais, Specht et al. (2014) avaliou através de ensaios laboratoriais de resistência a utilização de uma mistura de 70% de fresado, 30% de agregado natural (15% de brita $\frac{3}{4}$ " e 15% de pó de pedra) e 5% cimento Portland. Com a análise dos resultados, este autor obteve viabilidade de aplicação para base de pavimentos. Ainda, Pinto (2010) apresentou um estudo através de análises mecânicas que comprova a viabilidade técnica de utilização do fresado como reforço de subleito. Segundo este autor, o fresado obteve desempenho similar a outros agregados, possibilitando uma alternativa de substituição dos materiais naturais por este resíduo da pavimentação.

3. METODOLOGIA

Para este trabalho foram utilizados material fresado e agregado natural miúdo – pó de pedra basáltica - armazenados nas dependências do Laboratório de Materiais da Construção Civil - LMCC da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM (Figura 1).



Figura 1. Pó de pedra e material fresado, respectivamente

3.1 Caracterização do material fresado

Neste estudo, optou-se pela utilização de fresado originário da técnica de fresagem à frio in situ, a qual consiste no desbastamento da camada de revestimento asfáltico danificada, em temperatura ambiente, com auxílio de uma máquina com lâminas de corte. A origem do fresado utilizada nesta pesquisa é conhecida, e teve seu procedimento de coleta em campo no

ano de 2015, no estágio inicial de restauração da BR-287, localizada no bairro Camobi, na cidade de Santa Maria-RS

A caracterização granulométrica do fresado foi realizada de acordo com a norma do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem DNER-ME 083 (1998). Optou-se pela retirada dos maiores grumos da amostra, resultando em agregados passantes nas peneiras 2" e 1". Para este estudo foram ensaiadas duas amostras, as quais foram peneiradas manualmente e com auxílio de um peneirador mecânico.

A análise do teor de betume percentual da amostra de fresado foi realizada através do ensaio Rotarex elétrico conforme a DNER-ME 053 (1994). Como resultado deste experimento obteve-se um percentual de betume de aproximadamente 5,6%. Este valor é considerado coerente conforme Silva (2016) que obteve para o mesmo material um percentual de cerca de 6,2%.

Ainda, a caracterização do fresado foi complementada com a realização do ensaio Rice, que resulta na Densidade Máxima Medida (DMM) de amostras asfálticas. Para isto, utilizou-se a normativa NBR 15619 (ABNT, 2012) Misturas asfálticas - Determinação da densidade máxima teórica e da massa específica máxima teórica em amostras não compactadas, obtendo-se um resultado de DMM de cerca de 2,458 g/m³. Da mesma forma, Silva (2016) obteve DMM de 2,433 g/m³ para o mesmo material, visualizando-se uma pequena variação nos resultados devido as diferentes amostragens.

3.2 Caracterização do pó de pedra

A utilização de agregado natural é necessária para a estabilização granulométrica do fresado, devido à falta de finos em sua constituição. Yoder e Witzak (1975) citam que a estabilidade de uma mistura é dependente de sua granulometria, pois a fricção interna entre as partículas deve ser alta para resistir aos esforços solicitantes, sendo a presença

demasiada ou insuficiente de finos prejudicial ao desempenho esperado do material.

A caracterização granulométrica do pó de pedra foi realizada através do peneiramento manual de duas amostras do agregado natural. Estas foram secas em estufa e preparadas de acordo com a norma DNER-ME 083 (1998).

Além da granulometria do agregado natural miúdo, também foi determinada a massa específica do material para a sua caracterização física. Assim, realizou-se o ensaio do Picnômetro de acordo com a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 6508 (ABNT, 1984), resultando em um peso específico médio do pó de pedra de $2,651\text{g/m}^3$.

3.3 Composição da mistura e ensaios

A dosagem inicial da amostra teve como referência os limites da faixa granulométrica C do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, normativa DNIT 141 (2010), através do arranjo percentual dos constituintes, fresado e pó de pedra.

Tendo em vista a não manipulação granulométrica dos materiais, optou-se pela composição de 70% fresado e 30% pó de pedra (Figura 2), conforme já verificado como viável nas pesquisas realizadas por Pires (2014) e Specht et al (2014).



Figura 2. Mistura de fresado e pó de pedra

A compactação foi realizada na mistura de trabalho, baseando-se na NBR 7182 (ABNT, 1986) e simulando a aplicação prática de solicitações, com reuso de material. Optou-se

pela utilização de Energia Intermediária, aplicando-se 27 golpes por camada com auxílio de um soquete, em molde com dimensões e pesos conhecidos, ensaiando-se cinco pontos de umidades crescentes para a obtenção da curva de compactação.

O Ensaio CBR (California Bearing Ratio) se baseia na DNER ME 049 (1994) – Solos – Determinação do índice de suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas, e fornece o Índice de Suporte Califórnia (ISC) que indica a capacidade de suporte do material estudado. Para a execução deste experimento tornou-se inicialmente necessária a obtenção da umidade ótima e densidade máxima aparente seca e a moldagem de um corpo de prova com estes valores. Então mediu-se a força de aplicação de um pistão em uma amostra compactada confinada que foi imersa em água durante 4 dias. Acoplou-se neste corpo de prova um extensômetro, medindo-se assim a expansibilidade da mistura.

As propriedades mecânicas da mistura foram mensuradas através da realização dos ensaios de módulo de resiliência, resistência à compressão axial e resistência à tração por compressão diametral. Para os ensaios de Módulo de Resiliência (MR) - DNER-ME 133 (1994) - e Resistência a Tração por Compressão Diametral (RTCD) - DNER-ME 138 (1994) - realizou-se a moldagem de três corpos de prova de $6,3 \times 10$ cm. Da mesma forma, para a verificação da Resistência a Compressão Simples (RCS) - DNER-ME 201 (1994) - da mistura, moldaram-se 4 corpos de prova de dimensões 10×20 cm.

A preparação da amostra individual de cada molde ocorreu com a composição de 70% de fresado e 30% de pó de pedra compactados com soquete manual na umidade ótima. Para os corpos de prova (CPs) de dimensões $6,3 \times 10$ cm a compactação ocorreu em camada única, enquanto para os CPs 10×20 cm esta foi realizada em três camadas.

Por se tratar de uma mistura predominantemente granular sem adição de cimento ou emulsão, a cura dos CPs, após a

moldagem, foi de aproximadamente 7 dias, não existindo especificações que citam o tempo de cura ideal. A retirada dos corpos de prova dos moldes ocorreu com auxílio de uma máquina manual para o desmolde. Esta etapa se apresentou de difícil execução devido ao arranjo da mistura, o qual não apresentou propriedade aglutinante em seus constituintes. Desta forma, os CPs moldados apresentaram natureza frágil, sofrendo fácil fragmentação, conforme pode ser visualizado na Figura 3.



Figura 3. Corpos de prova desmoldados

A fragilidade dos corpos de prova moldados pode ser justificada devido a não adoção de estabilização química da mistura, que pode ser realizada com a incorporação de um percentual de cimento Portland, por exemplo. Desta forma, esta não apresentou propriedades aglutinantes suficiente entre seus constituintes para a realização destes ensaios, impossibilitando a leitura dos resultados nos ensaios de Módulo de Resiliência (MR), Resistência a Compressão Simples (RCS), e a Tração por Compressão Diametral (RTCD), conforme pode ser visualizado nas Figuras 4 e 5.

Salienta-se que o ensaio de módulo de resiliência foi baseado na norma DNER-ME 133/94 com variação de temperatura, aplicada para amostras asfálticas. Entretanto, devido à natureza granular sem aglutinantes da mistura, para a obtenção desta propriedade é indicada a realização do ensaio normatizado para solos.

Este não foi realizado pois o equipamento não se encontrava disponível no período deste estudo.



Figura 4. Ensaio de Módulo de Resiliência



Figura 5. Ensaio de Tração por Compressão Diametral

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Análise granulométrica

A composição granulométrica resultante da mistura de 70% fresado e 30% de pó de pedra proposta neste estudo, juntamente com as granulometrias individuais destes materiais é ilustrada na Figura 6. Ainda, a tabela base para a classificação granulométrica nas faixas médias propostas pelo DNIT 141/2010 pode ser visualizada na Tabela 1.

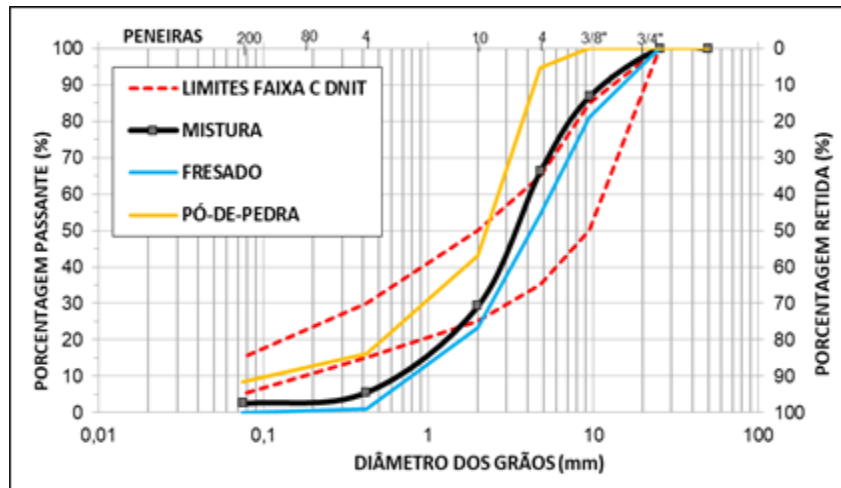


Figura 6. Ensaio de granulometria

Tabela 1. Faixas propostas pelo DNIT 141/2010

FAIXAS	A	B	C	D	E	F	±
PENEIRAS	% PESO PASSANTE						
2"	100%	100%					±7
1"	100%	82,5%	100%	100%	100%	100%	±7
3/8"	47,5%	57,5%	67,5%	80%			±5
Nº 4	40%	45%	50%	67,5%	77,5%	55%	±5
Nº 10	27,5%	32,5%	36,5%	55%		78%	±5
Nº 40	14%	22,5%	22,5%	35%		50%	±2
Nº 200	5%	10%	10%	18%	13%	17%	±2

Em relação a curva característica da mistura (linha em preto), observa-se que dentre as faixas granulométricas propostas pelo DNIT para bases estabilizadas granulometricamente, a mistura obteve maior proximidade da Faixa C, sendo este enquadramento parcial. Para a tentativa de ajuste granulométrico da mistura nas especificações do DNIT, pode ser citado como alternativa a possibilidade de utilização de um pó de pedra com composição mais miúda. Ainda, assim como o material fresado, a mistura apresentou uma composição com boa graduação, enfatizando a análise das demais características de resistência da mesma para verificação de sua aplicabilidade.

Analisando os materiais individualmente, a composição média representante do pó de pedra basáltico utilizada neste estudo, representada pela linha em amarelo, apresenta grande parcela de seus constituintes retidos na

peneira Nº 10, com abertura de 2mm, sendo considerado um pó de pedra de granulometria mais graúda.

Quanto a granulometria do fresado, representada pela curva em azul, verifica-se que este material não obteve enquadramento total nas faixas C especificadas pelo DNIT para base granular. Este fato pode ser explicado devido ao aglutinamento entre os componentes da mistura, formando partículas maiores, e também devido à falta de controle na coleta em campo do fresado, resultando em diferentes frações granulométricas.

Ademais, de acordo com o Manual de Pavimentação do DNIT (2006) este material pode ser considerado medianamente uniforme e com boa graduação (aberta). Os solos bem graduados são compostos de diferentes tamanhos de partículas e apresentam assim melhor comportamento em termos de resistência e compressibilidade.

Por opção de estudo, isentaram-se das amostras ensaiadas de fresado os grumos de grandes dimensões passíveis de quebra. Desta forma, não foram verificados grãos retidos nas peneiras com grade superior à 9,5 mm, indicando a baixa ou inexistente porcentagem de partículas com diâmetros maiores ou iguais a 24,5 mm e 50mm (1" e 2"). Além disso, observou-se a pequena fração de constituintes miúdos retidos e passantes na peneira 200

(0,075mm), devido a aglutinação entre estes finos, o material asfáltico e agregados maiores.

Da mesma forma, Pinto et al (2011) não obteve ajuste total do resíduo fresado da RSC-287, oriundo do processamento realizado entre os quilômetros 206 e 210 desta rodovia, nas faixas granulométricas do DNIT, propostas pelo DNIT 141/2010, apresentando uma granulometria aberta. Entretanto, mesmo sem respeitar as especificações granulométricas,

este material apresentou bons resultados laboratoriais e comprovou aplicabilidade prática e funcionalidade através da reutilização deste, sem alterações ou adições de insumos, para regularização do acostamento em um trecho experimental. A Figura 7 apresenta uma comparação visual entre a curva granulométrica da RSC-287 (PINTO et al, 2011) e a apresentada como resultados da BR-287 neste estudo.

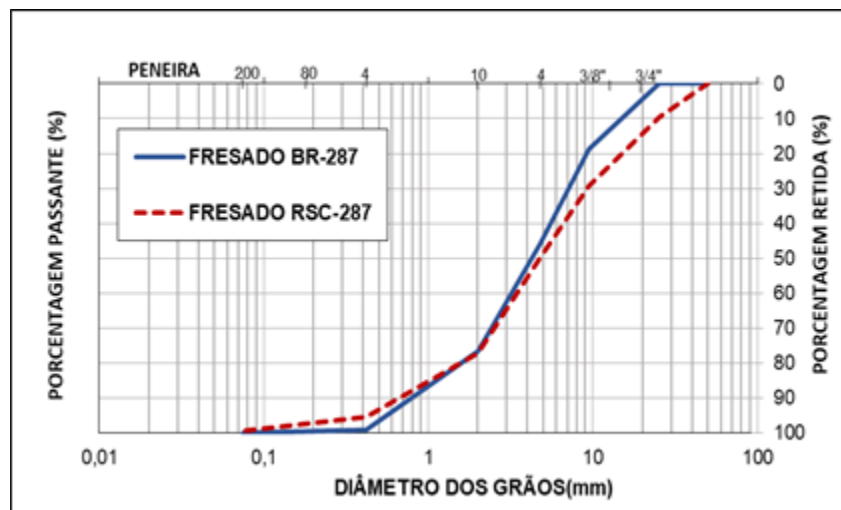


Figura 7. Comparação granulométrica

Comparando as curvas granulométricas do Fresado da BR-287 (linha contínua) com o da RSC-287 (linha pontilhada), verifica-se que o segundo apresenta maior quantidade de agregados graúdos retidos nas peneiras 1" e 2". Este fato se deve a retirada dos grumos graúdos da amostra trabalhada, assim como devido a variação de tamanho dos constituintes de cada amostra e lote de fresado. Cada processo de desbaste do revestimento asfáltico resulta em materiais com dimensões distintas, dependendo estas da profundidade de corte, do tipo de fresagem, do equipamento, entre outros fatores.

Ademais, ambos materiais apresentam um arranjo granulométrico semelhante e boa graduação, ressaltando a possibilidade de análise experimental e utilização do fresado proveniente da BR-287 em campo em relação

a sua composição. Salienta-se ainda a necessidade de verificação dos resultados de outros ensaios para o emprego deste, como abrasão Los Angeles para mensurar o desgaste do material e Índice de Suporte Califórnia para verificação da resistência mecânica (PINTO et al, 2011).

Visando a reutilização do fresado estudado em outras camadas na pavimentação, analisou-se a possibilidade de aplicação deste, baseado em seu arranjo granulométrico, como agregado na composição da camada porosa de atrito – CPA. Para isto, foi necessário o auxílio da especificação de serviço do DNER-ME 386 (1999) para a constituição desta camada. Através da análise das granulometrias expostas na Tabela 2, verificou-se o enquadramento do fresado na faixa granulométrica III, conforme visualiza-se na Figura 8.

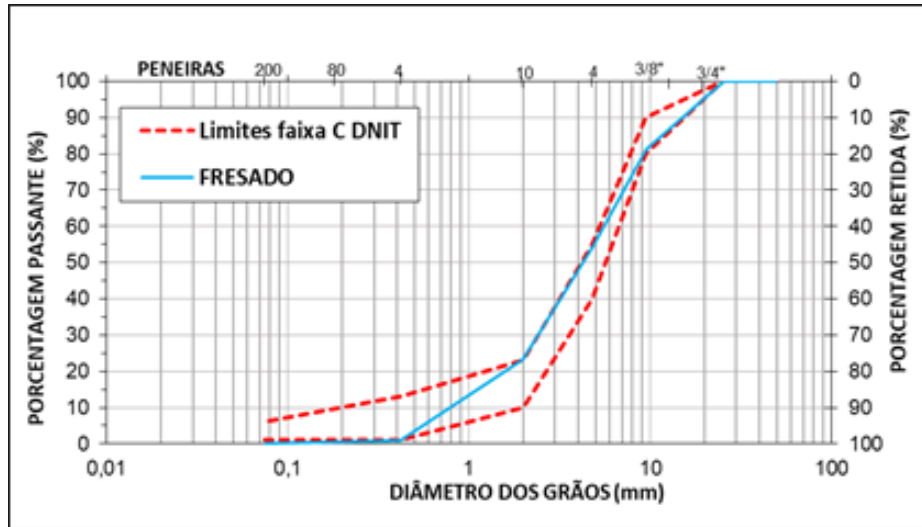


Figura 8. Curva granulométrica comparativa entre fresado e CPA

Tabela 2. Faixas granulométricas para dosagem de CPA - DNER-ES-386/99

PENEIRA ABNT	(mm)	FAIXAS Porcentagem em massa					±
		I	II	III	IV	V	
3/4"	19	-	-	-	-	100	-
1/2"	12,5	100	100	100	100	70-100	7
3/8"	9,5	80-100	70-100	80-90	70-90	50-80	7
Nº 4	4,8	20-40	20-40	40-50	15-30	18-30	5
Nº 10	2	12-20.	5-20.	10-18.	10-22.	10-22.	5
Nº40	0,42	8-14.	6-12.	6-13.	6-13.	6-13.	5
Nº80	0,18	-	2-6.	-	-	-	3
Nº200	0,075	3-5	0-4	3-6.	3-6.	3-6.	2

4.2 Análise dos ensaios de Compactação

O Resultado aproximado obtido na compactação da mistura de 70% fresado e 30% de pó de pedra pode ser visualizado através da curva de compactação ilustrada na Figura 9. A umidade ótima alcançada neste ensaio foi de cerca de 9,9% e a massa específica aparente seca é de 2030 kg/m³.

4.3 Análise do CBR

Para este estudo, a mistura trabalhada obteve CBR de cerca de 21,98%. Este valor pode ser explicado devido à falta de finos e excesso de partículas graúdas no material, não ocorrendo o perfeito preenchimento dos vazios

entre os grãos maiores. O traçado da curva pressão por penetração é ilustrado na Figura 10.

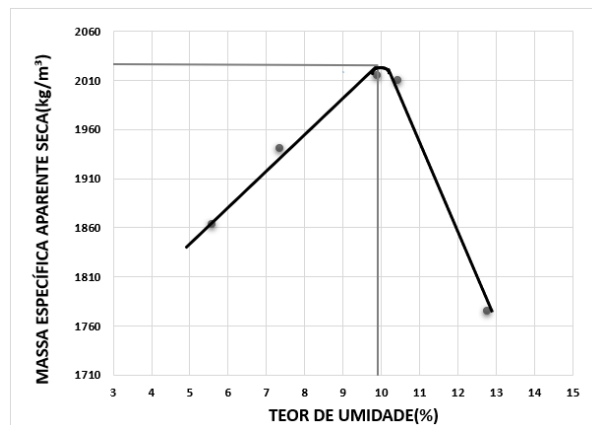


Figura 9. Curva de compactação

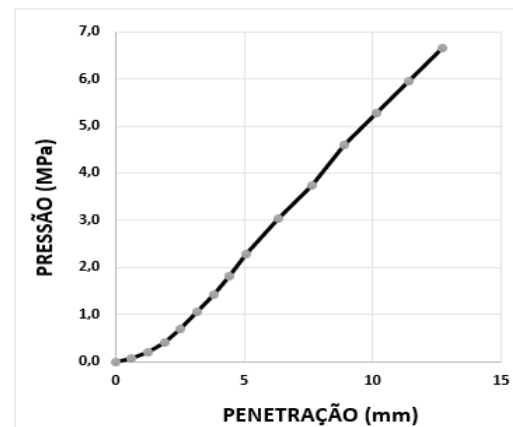


Figura 10. Curva pressão por penetração

A mistura trabalhada também não apresentou expansibilidade. Esta inexistente expansão se deve ao material pétreo estar envolto de ligante asfáltico, o qual não demonstra características permeáveis, impossibilitando a absorção de água. Specht et al (2013) caracteriza este resultado como positivo, pois a presença de água faz com que a mistura perca resistência, e desta forma, na ausência desta o material não apresenta grandes deformações.

Pinto et al (2011) realizou o ensaio CBR para uma amostra de fresado da RSC-287, obtendo um valor de aproximadamente 38%. Pires (2014) também realizou um trabalho de pesquisa utilizando material fresado estabilizado quimicamente, com a adição de cinza de casca de arroz e cimento Portland, e granulometricamente, encontrando um valor de CBR superior, de cerca de 68%. Esta diferença ocorre essencialmente pela adição de materiais os quais tem função de melhorar o arranjo físico e a resistência da estrutura.

Quanto as aplicações práticas desta mistura, salienta-se que para a utilização de um agregado, tanto na pavimentação como na construção civil, este deve possuir as características específicas estipuladas em normas. A sub-base estabilizada granulometricamente deve ter, segundo a norma DNIT-ME 139 (2010), um ISC maior que 20% e expansibilidade máxima de 1%. De acordo com o resultado obtido para a mistura trabalhada, esta pode ter aplicação prática nesta camada do pavimento. Da mesma forma, para a regularização de subleito, segundo o Manual de Pavimentação do DNIT, a mistura pode ser viabilizada se o material apresentar CBR maior que a do solo de fundação e expansão inferior a 1%.

Ainda, segundo a norma DNIT 141 (2010), para bases estabilizadas granulometricamente, o CBR deve ser maior ou igual a 60% para um tráfego com número de solicitações $N \leq 5 \times 10^6$ e para um N maior, o CBR deve ser maior ou igual a 80%, com índice de expansibilidade menor que 0,5%. Tendo em

vista estas especificações, a mistura estudada apresenta resultados inferiores aos indicados, impossibilitando a aplicação em base de pavimentos.

Ademais, devido a boa graduação da mistura de trabalho, esta pode ser comparada com uma brita graduada simples (BGS). Este material, segundo Bernucci et al (2008) possui uma granulometria aberta, uma porcentagem de finos entre 3% e 9% e um CBR maior que 60%, sendo o agregado estudado inferior, em relação a capacidade de suporte, ao agregado natural composto granulometricamente.

5. CONCLUSÕES

A granulometria do fresado da RS-287 apresentou-se majoritariamente graúda e bem graduada, porém sem partículas retidas nas peneiras 1" e 2". Ainda, esta não exibiu porcentagem significativa de finos retidos e passantes na peneira 200, indicando a possível aglutinação entre os componentes da mistura original de concreto asfáltico. Quanto aos ensaios de caracterização do fresado, Rice e Rotarex, este material apresentou valores para o teor de betume de 5,63% e para a DMM de cerca de 2,458 g/m³, ambos condizentes com as bibliografias analisadas.

O arranjo granulométrico do fresado não obteve enquadramento total nas faixas estipuladas pelo DNIT para bases estabilizadas granulometricamente. Entretanto, a análise da comparação granulométrica entre o fresado da RS-287 e o da RSC-287 estudado por Pinto ~~M~~ et al (2011) instigou a possibilidade de estudo e realização de ensaios de aplicabilidade do excedente asfáltico estudado como camada de regularização de acostamento.

Da mesma forma, baseando-se na composição granulométrica do fresado da RS-287 e buscando outras alternativas de uso para o material estudado, este obteve ajuste de seu arranjo na faixa granulométrica III para utilização em camada porosa de atrito. Entretanto, ainda se tornam necessários demais conformações e ensaios para verificação da sua

aplicabilidade.

Na análise do pó de pedra basáltica, este apresentou uma granulometria característica, porém com partículas maiores que as desejadas para composição com o fresado. A massa específica deste material, obtida através do ensaio do picnômetro, obteve um resultado médio de cerca 2,651g/m³, valor condizente com o esperado e com as bibliografias de apoio.

Por opção de estudo, e embasado em referencial teórico, utilizou-se uma mistura de cerca de 70% de fresado e 30% de pó de pedra. A granulometria resultante, assim como a do fresado, não obteve enquadramento nas faixas propostas para bases estabilizadas pelo DNIT, porém aproximou-se da faixa C. O ensaio de compactação desta mistura resultou em uma umidade ótima de cerca de 9,9%, mais alta que o convencional para materiais graúdos, e a massa específica aparente seca de 2030 Kg/m³. Quanto ao CBR obteve-se um resultado considerado bom de cerca de 21,98%.

Devido à natureza granular da mistura, esta não apresentou propriedades aglutinantes, fragmentando-se durante a retirada da forma de molde. Deste modo, as propriedades mecânicas da mistura, mensuradas através dos ensaios de módulo de resiliência, resistência à tração por compressão diametral e resistência à compressão simples, não obtiveram resultados. Salienta-se assim a necessidade de incorporação de um material aglutinante.

Por fim, de acordo com o CBR e com os resultados dos demais ensaios obtidos para a mistura, quanto a aplicabilidade desta para camadas subjacente na pavimentação, cita-se a possibilidade de incorporação do material em camadas de sub-base, e de regularização e reforço de subleito. Estas alternativas de uso têm como fundamentação teórica as normativas vigentes e enfatizam um destino viável e ambientalmente correto para este material excedente proveniente das obras de restauração rodoviária.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6508**: Grãos de solo que passam na peneira de 4,8mm – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 1984. 8p.

_____. **NBR 7182**: Solo - Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 1986. 10p.

_____. **NBR 15619**: Misturas asfálticas – Determinação da massa específica máxima medida em amostras não compactas. Rio de Janeiro, 2012. 10 p.

BALBO, J. T.; **Pavimentação Asfáltica: materiais, projetos e restaurações**. São Paulo, Ed. Oficina dos Textos, 2007.

BARROS, R. F.; **Utilização do revestimento fresado da BR-104 como material de reforço da camada de base e/ou sub-base**. 2013. 54p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade federal de Pernambuco, Caruaru, 2013.

BONFIM, V. **Fresagem de Pavimentos Asfálticos**. 3 Ed., São Paulo, Exceção Editorial, 2011.

DAVID, D. **Misturas Asfálticas Recicladas a Frio: Estudo em laboratório utilizando emulsão e agente de reciclagem emulsionado**. 2006. 117 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM - **DNER-ME 049/94**: Solos – Determinação do Índice de Suporte Califórnia em amostras não trabalhadas. Rio de Janeiro, 1994, 14 p.

_____. **DNER-ME 053/94**: Misturas betuminosas – percentagem de betume. Rio de Janeiro, 1994, 5 p.

_____. **DNER-ME 083/98:** Agregados – análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1998, 5 p.

_____. **DNER-ME 133/94:** Misturas betuminosas – Determinação do módulo de resiliência. Rio de Janeiro, 1994, 5 p.

_____. **DNER-ME 138/94:** Misturas betuminosas – determinação da resistência a tração por compressão diametral. Rio de Janeiro, 1994, 4 p.

_____. **DNER-ME 201/94:** Solos – cimento – compressão axial de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1994, 4 p.

_____. **DNER-ES 386/99:** Pavimentação - Pré misturado a quente com asfalto polímero - camada porosa de atrito. Rio de Janeiro, 1999, 15 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **Manual de Pavimentação.** 3º ed. Rio de Janeiro, 2006, 274 p.

_____. DNIT. **Terminologias Rodoviárias.** Ministério dos Transportes, 2007. Disponível em:

<<http://www.dnit.gov.br/download/rodovias/rodovias-federais/terminologias-rodoviaras/terminologias-rodoviaras-versao-11.1.pdf>>. Acesso em: 20.12.16

_____. **DNIT 141/2010.** Pavimentação- Base estabilizada granulometricamente - Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2010, 9 p.

FONSECA, J. F.; GÓIS, T. S.; DOMINICINI, W. K.; TEIXEIRA, J. E. S. L.; O estado da arte sobre o uso de reciclado de pavimento asfáltico na pavimentação no brasil e no mundo. **Anais XXVIII ANPET.** Curitiba-PR, 2014.

PINTO, C. S.; **Reciclagem de material asfáltico fresado: avaliação da**

potencialidade de utilização em aterros rodoviários. 2010, 85 p. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

PINTO, M. M.; CERVO, T. C.; PEREIRA, D. S.; Reutilização de material fresado em acostamentos como agente regularizador e nivelador. **Revista Pavimentação.** Ed. 23. Nº 23. p.18-25. Ano VI, dez/2011, jan/fev/2012, Rio de Janeiro.

PIRES, G. M. **Estudo da estabilização granulométrica e química de material fresado com adição de cimento Portland e cinza de casca de arroz para a aplicação em camadas de pavimento.** 2014. 162 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2014.

SILVA, M. R.; **Utilização de material fresado com adição de cimento Portland e pó de pedra em camadas de base e sub base de pavimentos.** 2016. 82 p. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2016.

SPECHT, L. P.; PIRES, G. M.; VITORELO, T.; HIRSH, F.; CRONST, F.; BERGMANN, E. C.; TIFENSEE, M. D. Utilização de material fresado como camada de pavimento: estudo laboratorial e aplicação de campo. **42º Reunião Anual de Pavimentação (RAPv),** Gramado, RS, 2013

YODER, E. J.; WITCZAK, M. W. **Principles of pavement design.** New York: John Wiley & Sons, 1975.