



# CRICTE 2017

XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia



## ESTUDO DA ESTABILIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA E QUÍMICA DE MATERIAL FRESADO COM ADIÇÃO DE CIMENTO PORTLAND PARA APLICAÇÃO EM CAMADAS DE PAVIMENTO

**Bruno Rodrigues Ribeiro**

Acadêmico do curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pampa  
ribeiro.brunorodrigues@gmail.com

**Maurício Silveira dos Santos**

Professor/Pesquisador do curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pampa  
silveiradosantosmauricio@gmail.com

**Plácido Jorge Dutra de Freitas Junior**

Acadêmico do curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pampa  
juniordefreitas89@hotmail.com

**Resumo.** *Este estudo apresenta uma avaliação do desempenho da utilização de uma mistura de material fresado e agregados naturais para aplicação em camadas de base e sub-base de pavimentos flexíveis. O material fresado oriundo de serviços de restauração da BR-290 foi estabilizado granulometricamente com agregados virgens, de forma que se enquadrasse na faixa de serviço do DNIT 141 [1]. Na mistura foi realizado uma estabilização química com cimento Portland CP IV-32, com teores de 2%, 3,5% e 5% de cimento em peso em relação ao total da mistura. Após a composição da mistura, foram moldados corpos de prova e realizados ensaios de resistência a compressão simples, resistência a tração por compressão diametral e módulo de resiliência, com corpos de prova de diferentes períodos de cura. A análise dos resultados mostrou que a mistura com teor de 5% a 28 dias de cura alcançou as resistências prescritas em normas e literaturas existentes.*

**Palavras-chave:** *Material fresado. Estabilização química. Estabilização granulométrica.*

### 1. INTRODUÇÃO

As estradas são a espinha dorsal da rede de transporte terrestre. Com o decorrer do tempo os transportes se tornaram mais rápidos e avançados e da mesma forma cresceu os impactos adversos das rodovias, principalmente quando o planejamento, projeto e a construção são feitos de forma inadequada. Torna-se nítido a necessidade de um estudo da engenharia rodoviária além aos aspectos estruturais, analisando também impactos ambientais e socioeconômicos do desenvolvimento da rede rodoviária, explica FWA [2].

Para se tentar manter um nível de serviço adequado dos pavimentos, nos últimos anos a ênfase na construção rodoviária vem sido transferida para recuperação e restauração. Bonfim [3] disserta que a fresagem de pavimentos asfálticos é constantemente aplicada nas técnicas de restauração de pavimentos, obtendo-se como material resultante um agregado em forma granular envolto por um ligante envelhecido, que pode ser reutilizado como material de pavimentação.

Em obras rodoviárias, em virtude das elevadas distâncias de transportes, os agregados virgens podem aumentar consideravelmente os custos, justificando assim a introdução do material granular obtido no processo de fresagem de pavimento como alternativa de uso em obras rodoviárias.

Além do viés econômico, existe ainda a preocupação ambiental, visto que o uso do material fresado pode reduzir a exploração das escassas jazidas naturais de agregados e também minimizar as áreas de aterro e depósitos destinados ao fresado, já que é produzido em abundância no mundo.

Portanto, esta pesquisa teve como pontos a serem respondidos referentes a utilização do material fresado em camadas de base e sub-base de pavimentos com a estabilização química utilizando cimento Portland e materiais granulares.

## 2. METODOLOGIA

O material fresado utilizado nesta pesquisa foi coletado as margens da rodovia BR-290, e é produto de restauração do pavimento. Os agregados naturais são oriundos de uma pedreira nas delimitações do município de Alegrete/RS. O cimento Portland utilizado na pesquisa foi o CP IV – 32, produzido pela Cimpor. Foram realizados os ensaios de caracterização dos materiais, inclusive a composição da curva granulométrica do material fresado e dos agregados.

Conhecendo as distribuições dos grãos dos materiais disponíveis, obtido através do ensaio de granulometria, realizou-se a composição da mistura com a estabilização granulométrica do material, onde se procurou atender a especificação do Ref. [1]. Depois de inúmeras tentativas se encontrou a proporção de 60% de material fresado e 40% de agregados virgens (brita  $\frac{3}{4}$  e pó de pedra). Esta mistura se enquadrou na faixa de serviço B. A Fig. 1 apresenta os resultados obtidos da mistura 60/40 comparada com a faixa e serviço B. Após a composição da

mistura, foi então realizado o ensaio de compactação segundo DNER ME [4].

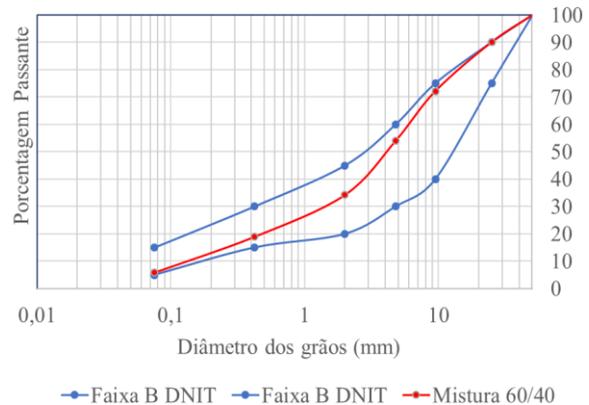


Figura 1. Estabilização granulométrica mistura 60/40.

Obtendo a curva de compactação foi determinado os valores de massa específica aparente seca, que neste estudo foi de 2,18 g/cm<sup>3</sup> e a umidade ótima, encontrando o valor de 5,88%. Com esses dados se tornou possível calcular a massa do material necessário para moldagem dos corpos de prova.

A estabilização química foi realizada na moldagem dos corpos de prova para os ensaios laboratoriais, com adição de cimento Portland CP-IV 32, em cura úmida por 7 e 28 dias. A aplicação do cimento se deu por substituição de massa seca do material. Para o ensaio de resistência a tração por compressão diametral e módulo de resiliência foram utilizados CP's cilíndricos com dimensão de 10,0 cm de diâmetro e 6,5 cm de altura, a estabilização química nesses casos foi de 3,5% e 5,0% de cimento. Para o ensaio de resistência a compressão simples utilizou-se CP's cilíndricos com dimensões de 10,0 cm de diâmetro e 20 cm de altura, neste caso foram realizadas adições 2%, 3,5% e 5% de teor de cimento.

Para o ensaio de resistência a compressão simples a norma utilizada foi DNER – ME 201[5] e realizado no laboratório de Materiais da Unipampa. O ensaio de resistência a tração por

compressão diametral seguiu os parâmetros normatizados pela DNIT – ME 136[6] e o ensaio de módulo de resiliência foi realizado conforme ASTM D4123[7]. Ambos ensaios foram realizados no laboratório de pavimentação da UFSM - Santa Maria.

### 3. RESULTADOS

A seguir estão apresentados e analisados os resultados obtidos através dos ensaios de resistência a compressão simples, resistência a tração por compressão diametral e módulo de resiliência, realizados em corpos de prova com misturas de diferentes teores de cimento Portland Pozolânico CP IV-32.

#### 3.1 Resistência a compressão simples

Nesse grupo foram ensaiados 12 corpos de prova. As médias dos resultados obtidos nos ensaios para resistência a compressão simples, para 7 e 28 dias de cura e para os três teores de cimento definidos estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultado médio de resistência à compressão simples

Resistência à Compressão (MPa)			
Teor	Idade CP	Média (MPa)	Taxa de cresc.
2,0%	7 dias	0,85	100%
	28 dias	1,70	
3,5%	7 dias	1,09	57,98%
	28 dias	1,72	
5,0%	7 dias	1,43	86,09%
	28 dias	2,67	

Analisando a Tabela 1 observa-se que a maior taxa de crescimento, em relação as idades de cura, ocorre na mistura com adição de 2% de cimento, com valor de 100% entre 7 e 28 dias. A mistura com 5% apresentou um ganho bastante elevado de 86,09% e a mistura com 3,5% atingiu uma taxa de crescimento inferior, de 57,98%. É evidente um aumento de resistência com aumento no teor de cimento na mistura.

O DNIT 143 [8] prescreve que as camadas de base de pavimento deverão apresentar uma resistência mínima à compressão de 2,1 MPa. Analisando este critério a mistura com adição de 5% de cimento, aos 28 dias, se torna viável.

#### 3.2 Resistência a tração por compressão diametral

Este ensaio foi realizado a uma temperatura de 25°C, para minimizar ao máximo alguma interferência que o ligante asfáltico do material fresado possa ter na mistura. Aplicando-se uma carga constante com velocidade de  $0,8 \pm 0,1$  mm por segundo, até a ruptura do corpo de prova. A Tabela 2 apresenta os valores médios obtidos de resistência a tração por compressão diametral.

Tabela 2. Resultado médio resistência à tração

Resistência a tração por compressão diametral			
Teor	Idade CP	Média (MPa)	Taxa de cresc.
3,5%	7 dias	0,137	61,11%
	28 dias	0,189	
5,0%	7 dias	0,221	154,14%
	28 dias	0,480	

O aumento das resistências seguiu a tendência conforme o aumento do teor de cimento. A mistura com teor de 5% de cimento, além de possuir a maior resistência a tração aos 28 dias também possui a maior taxa de crescimento.

#### 3.3 Módulo de Resiliência

Este ensaio também foi realizado a uma temperatura de 25°C pelos mesmos motivos apresentados no item 3.2. Neste ensaio, foram aplicados 15 ciclos de carga de condicionamento da amostra e 5 ciclos para leitura dos valores com frequência de 1Hz.

Os resultados deste ensaio estão apresentados na Tabela 3, com os valores

dos módulos de resiliência médios calculados.

Tabela 3. Resultado médio módulo de resiliência

Módulo de resiliência			
Teor	Idade CP	Média (MPa)	Taxa de cresc.
3,5%	7 dias	3599,9	59,40%
	28 dias	5262,6	
5,0%	7 dias	5738,4	64,67%
	28 dias	8666,1	

Neste caso a mistura com 5% apresentou o maior valor de módulo de resiliência bem como maior taxa de crescimento. Bernucci et al. [9] sugerem um módulo de resiliência para materiais graduados tratados com cimento utilizados em camadas de pavimento variando entre 6000 a 12000 MPa. No presente estudo, a mistura com teor de 5% aos 28 dias se enquadra no apresentado pelos pesquisadores.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise fica nítido a influência do acréscimo de cimento nas misturas, de forma que ao aumentar o teor de cimento ocorreu aumento das resistências. Também se observou a influência no período de cura, onde em todos os casos apresentados ocorreram taxas de crescimento superiores a 50% no decorrer de 7 a 28 dias de cura úmida.

As misturas com teor de 5% de cimento apresentaram os maiores valores de resistência a compressão, tração por compressão diametral e módulo de resiliência aos 28 dias. Atingindo valores sugeridos por bibliografias e normas. Também é possível validar a utilização do material fresado estabilizado granulometricamente e quimicamente em camadas de pavimento, uma vez que atingem resultados viáveis para sua utilização. Deve-se observar a porcentagem

de aditivo químico utilizado, visto que o mesmo interfere significativamente em seu desempenho.

#### 5. REFERÊNCIAS

- [1] DNIT-ES 141/2010: Pavimentação asfáltica – Base estabilizada granulometricamente – Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2010.
- [2] FWA.T.F. The Handbook of Highway Engineering. 1ª ed. Nova Iorque: Taylor & Francis Group, 2006.
- [3] BONFIM, V. Fresagem de Pavimentos Asfálticos. 3ª ed. São Paulo: Fazendo Arte, 2011.
- [4] DNER-ME 163/94: Solos – ensaio de compactação utilizando amostras trabalhadas. Rio de Janeiro, 1994.
- [5] DNER-ME 201/94: Solo-cimento – compressão axial de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1994.
- [6] DNIT-ME 136/2010: Pavimentação asfáltica – Misturas asfálticas – Determinação da resistência à tração por compressão diametral – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2010.
- [7] ASTM D4123: Standard Test Method for Indirect Tension Test for Resilient Modulus of Bituminous Mixtures. Philadelphia, 1982.
- [8] DNIT-ES 143/2010: Pavimentação – Base de solo-cimento – Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2010.
- [9] BERNUCCI, L.; MOTTA, L. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros. 3ª ed. Rio de Janeiro: Petrobrás: Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto, 2010.