



INSTITUTO
PAVIMENTAR

manual de Dosagem de CONCRETO ASFÁLTICO

Eng.º Jorge Augusto Pereira Ceratti

Eng.º Rafael Marçal Martins de Reis

oficina de textos

oficina de textos



manual de Dosagem de Concreto Asfáltico

Eng.º Jorge Augusto Pereira Ceratti

Eng.º Rafael Marçal Martins de Reis



© Copyright 2011 Oficina de Textos

Grafia atualizada conforme o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa de 1990, em vigor no Brasil a partir de 2009.

Conselho editorial Cylon Gonçalves da Silva; José Galizia Tundisi;
Luis Enrique Sánchez; Paulo Helene;
Rozely Ferreira dos Santos;
Teresa Gallotti Florenzano

Capa e projeto gráfico Malu Vallim
Diagramação e preparação de figuras Douglas da Rocha Yoshida
Preparação de textos Gerson Silva
Revisão de textos Felipe Marques
Impressão e acabamento Intergraf Indústria Gráfica Ltda.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Ceratti, Jorge Augusto Pereira
Manual de dosagem de concreto asfáltico / Jorge
Augusto Pereira Ceratti, Rafael Marçal Martins
de Reis. -- São Paulo : Oficina de Textos ;
Rio de Janeiro : Instituto Pavimentar, 2011.

Bibliografia.
ISBN 978-85-7975-041-0 (Oficina de Textos)

1. Concreto asfáltico - Dosagem - Manuais
2. Pavimentação asfáltica I. Reis, Rafael Marçal
Martins de. II. Título.

11-12509

CDD-625.85

Índices para catálogo sistemático:

1. Concreto asfáltico : Dosagem : Manuais :
Engenharia civil 625.85

Todos os direitos reservados à **Oficina de Textos**
Rua Cubatão, 959
CEP 04013-043 – São Paulo – Brasil
Fone (11) 3085 7933 Fax (11) 3083 0849
www.ofitexto.com.br e-mail: atend@ofitexto.com.br

Apresentação

Instituto Pavimentar
Diretoria Executiva
www.institutopavimentar.com.br

O Instituto Pavimentar é uma associação sem fins lucrativos, criada pela Petrobras (Petróleo Brasileiro S.A.), Abeda (Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfaltos) e Aneor (Associação Nacional das Empresas de Obras Rodoviárias), a partir de uma ação inovadora na organização das demandas de treinamento e na gestão do Programa Nacional de Qualificação e Aperfeiçoamento da Mão de Obra do Segmento da Pavimentação Asfáltica.

Esse Programa arrojado foi criado para suprir a necessidade de treinamento para a mão de obra do segmento e disseminar sólidos conceitos teóricos e práticos sobre pavimentação asfáltica.

O controle de qualidade das misturas asfálticas é realizado pelos técnicos de laboratório, responsáveis pela dosagem e controle tecnológico dessas misturas.

O livro *Manual de dosagem de concreto asfáltico* busca apresentar a esses profissionais uma referência atual, embasada nas normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), sobre as técnicas de laboratório, os materiais de pavimentação e as propriedades dos ligantes asfálticos, das misturas e dos agregados.

O Instituto Pavimentar agradece aos autores a importante contribuição em elaborar uma bibliografia clara e didática sobre o tema e demonstra seu comprometimento com a missão de fomentar a qualificação e o aperfeiçoamento da mão de obra, difundir a cultura de boas práticas e colaborar para a melhoria da qualidade da pavimentação asfáltica no País.



Prefácio

Na dosagem de uma mistura asfáltica, escolhe-se um teor de ligante asfáltico, denominado teor de projeto, a partir de uma faixa granulométrica predefinida e de procedimentos experimentais. Esse teor de projeto varia de acordo com o método de dosagem e depende de parâmetros como forma e energia de compactação, tipo de mistura asfáltica, temperatura de serviço etc.

Atualmente, a dosagem de misturas asfálticas está em processo de evolução, enfatizando-se principalmente o método de compactação em laboratório e buscando-se definir os parâmetros da mistura a partir de seu desempenho. Nesse sentido, o procedimento Superpave, desenvolvido no *Strategic Highway Research Program* dos Estados Unidos, tem sido adotado com uma frequência cada vez maior e constitui a principal tendência de evolução dos procedimentos de dosagem de misturas asfálticas densas.

O presente manual de dosagem tem o propósito de qualificar iniciantes e servir de fonte de consulta aos profissionais que buscam atualizar seus conhecimentos em relação aos materiais e à formulação de misturas asfálticas densas a serem utilizadas em revestimentos de pavimentos. Nesse sentido, é apresentada e discutida a dosagem de mistura de concreto asfáltico pelo método Marshall, mais usado mundialmente e adotado no Brasil, considerando-se na abordagem alguns

parâmetros adicionais aos utilizados no método original, de forma a obter melhores resultados na dosagem da mistura asfáltica.

Os autores
Rio de Janeiro, 2011

1. Recomendações aos usuários e consumidores

As atividades laborais devem seguir a política de Saúde, Meio Ambiente e Segurança (SMS) do local de trabalho. Boas práticas são sempre bem vindas para o sucesso de qualquer tarefa; portanto é essencial que o trabalhador esteja devidamente capacitado e treinado para reconhecer os riscos inerentes à sua profissão.

A utilização do Equipamento de Proteção Individual (EPI) deve fazer parte da rotina do trabalhador. É importante ter o conhecimento do EPI adequado para atividade a ser executada. Dúvidas e questionamentos devem ser sanados. Nunca uma tarefa deverá ser conduzida sem se ter o conhecimento pleno dos riscos que ela oferece. Só assim, o profissional estará apto para proteger a si e aos outros.

Por meio da Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico (FISPQ) o trabalhador obtém informações importantes sobre composição química, formas de manuseio, estocagem, orientações em caso de acidentes, entre outras. Conhecer-la é dever de todos que trabalham com produtos químicos.

A Petrobras, em parceria com o Grupo de Trabalho de Segurança, Meio Ambiente e Saúde (SMS) da Comissão de Asfalto do Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis (IBP), vem desenvolvendo ações para disseminar a cultura preventiva entre os trabalhadores da pavimentação asfáltica. As informações dispostas a seguir orientam o profissional de pavimentação para as melhores práticas e procedimentos.

Agregado é um termo coletivo para areias, pedregulhos e rochas minerais em seu estado natural ou britadas em seu estado processado. Há ainda de se considerar os agregados artificiais.

2.1 Classificação dos agregados

Os agregados utilizados em pavimentação podem ser classificados em três grandes grupos, segundo sua natureza, tamanho e distribuição dos grãos.

2.1.1 Quanto à natureza

Quanto à natureza, os agregados são classificados em: natural, artificial e reciclado.

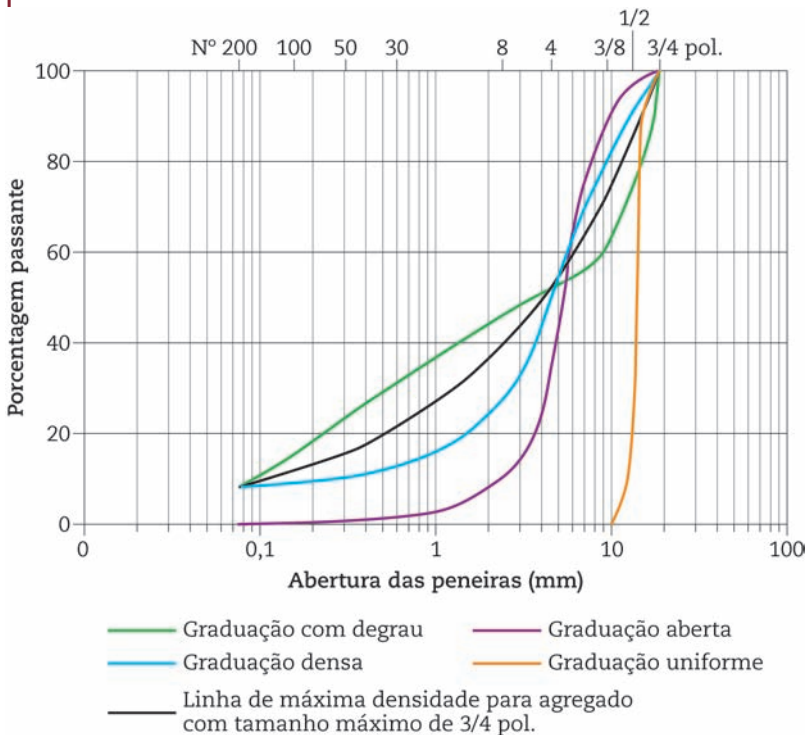
Natural: Inclui todas as fontes de ocorrência natural e são obtidos por processos convencionais de desmonte, escavação e dragagem em depósitos continentais, marinhos, estuários e rios. São exemplos os pedregulhos, as britas, os seixos, as areias etc. Ou seja, os agregados naturais podem ser empregados em pavimentação na forma e tamanho como se encontram na natureza, ou podem ainda passar por processamentos como a britagem.

Artificial: São resíduos de processos industriais, tais como a escória de alto forno e de aciaria, ou fabricados especificamente com o objetivo de alto desempenho, como a argila calcinada e a argila expandida. O tipo de agregado artificial atualmente mais utilizado em pavimentação são os vários tipos de escórias, subprodutos da indústria do aço. Estas podem apresentar problemas de expansibilidade e heterogeneidade, requerendo tratamento adequado para utilização, porém podem apresentar alta resistência ao atrito.

Reciclado: Nesta categoria estão os provenientes de reuso de materiais diversos. A reciclagem de revestimentos asfálticos existentes vem crescendo significativamente em importância e em alguns países já é fonte principal de agregados. A

Tab. 2.1 DIMENSÕES NOMINAIS DAS PENEIRAS (DNER-EM 035/95) (cont.)

Designação da peneira		Abertura da peneira	
Padrão	Número	Milímetros	Polegadas
2,36 mm	8	2,36	0,0937
2,00 mm	10	2,0	0,0789
1,18 mm	16	1,18	0,0469
600 μm	30	0,600	0,0234
425 μm	40	0,425	0,0168
300 μm	50	0,300	0,0117
150 μm	100	0,1500	0,0059
75 μm	200	0,075	0,0029

**Fig. 2.2** Representação convencional de curvas granulométricas (Bernucci et al., 2007)

- ❖ Agregado de graduação aberta é aquele que apresenta distribuição granulométrica contínua e bem graduada, mas com insuficiência de material fino (menor que 0,075 mm) para preencher os vazios entre as partículas maiores, resultando em maior volume de vazios. Nas frações de menor tamanho, a curva granulométrica é abatida e próxima de zero;
- ❖ Agregado de graduação uniforme é aquele que apresenta a maioria de suas partículas com tamanhos em uma faixa bastante estreita. A curva granulométrica é bastante íngreme;
- ❖ Agregado com graduação descontínua ou em degrau é aquele que apresenta pequena porcentagem de agregados com tamanhos intermediários, formando um patamar na curva granulométrica correspondente às frações intermediárias. São agregados que devem ser adequadamente trabalhados quando em misturas asfálticas, pois são muito sensíveis à segregação.

2.2 Amostragem de agregados

Amostras de agregados são tomadas em pilhas de estocagem, correias transportadoras, silos quentes, ou às vezes de caminhões carregados. Deve-se evitar a coleta de material que esteja segregado, quando obtido de pilhas de estocagem, caminhões ou silos. O melhor local para obter uma amostra é de uma correia transportadora. A largura total de fluxo na correia deve ser amostrada, uma vez que o agregado também segrega na correia.

Uma amostra representativa é formada pela combinação de um número de amostras aleatórias obtidas em um período de tempo (um dia para amostras em correias) ou tomando amostras de várias localidades em pilhas de estocagem e combinando estas amostras. As amostras devem ser tomadas atentando-se para o efeito da segregação nas pilhas

2.3.8 Sanidade

Alguns agregados que inicialmente apresentam boas características de resistência podem sofrer processos de desintegração química quando expostos às condições ambientais no pavimento. Determinados basaltos, por exemplo, são susceptíveis à deterioração química com formação de argilas.

A característica de resistência à desintegração química é quantificada por meio de ensaio que consiste em atacar o agregado com solução saturada de sulfato de sódio ou de magnésio, em cinco ciclos de imersão com duração de 16 a 18 horas, à temperatura de 21°C, seguidos de secagem em estufa. A perda de massa resultante deste ataque químico ao agregado deve ser de no máximo 12%. O método DNER-ME 089/94 apresenta o procedimento deste ensaio. A Fig. 2.11 mostra os materiais utilizados neste ensaio e um exemplo do resultado do teste.



Fig. 2.11 Exemplo de materiais utilizados no ensaio de sanidade e resultado (Bernucci et al., 2007)

2.3.9 Densidade específica / massa específica

As relações entre quantidade de matéria (massa) e volume são denominadas massas específicas, e expressas geralmente em t/m^3 , kg/dm^3 ou g/cm^3 e as relações entre pesos e volumes são denominadas de pesos específicos e expressos geralmente em kN/m^3 (Pinto, 2000).

A relação entre os valores numéricos que expressam as duas grandezas é constante. Por exemplo, se um material tem uma massa específica de $1,8 t/m^3$, seu peso específico será o

7. Dosagem Marshall – concreto asfáltico

Após a etapa de seleção e caracterização dos materiais a serem utilizados, o projeto de uma mistura de concreto asfáltico consiste em determinar o traço da mistura, ou seja:

- ❖ Porcentagem dos diversos agregados minerais utilizados;
- ❖ Porcentagem de ligante asfáltico; de maneira a satisfazer os requisitos mínimos de estabilidade e durabilidade da mistura asfáltica determinados pelas especificações.

Para o projeto de um concreto asfáltico pelo Método Marshall, deve-se definir os seguintes elementos básicos:

- ❖ Tipo e destino da mistura a ser projetada;
- ❖ Granulometria, massa específica real e aparente dos agregados disponíveis;
- ❖ Escolha da faixa granulométrica de projeto;
- ❖ Em função do tráfego previsto, escolher a energia de compactação para a moldagem dos corpos de prova.

Nas Tabs. 7.1 e 7.2 são apresentados os parâmetros preconizados pelo DNIT na especificação de serviço DNIT 031/2006 ES para concreto asfáltico.

O material de enchimento pode ser constituído por pó calcário, cal extinta, cimento Portland ou outro material que satisfaça os seguintes requisitos:

- ❖ Isento de torrões de argila;
- ❖ Inerte em relação aos componentes da mistura;
- ❖ Uniforme em qualidade, seco e sem grumos;
- ❖ Passando, no mínimo 65%, na peneira de 0,075 mm.

1. Determinação das massas específicas do Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) e das frações de agregados, respectivamente;
2. Escolha da faixa granulométrica a ser utilizada de acordo com especificações a serem obedecidas;
3. Escolha da composição dos agregados, de forma a enquadrar a mistura dos mesmos, nos limites da faixa granulométrica escolhida, ou seja, é escolhido o percentual em massa de cada agregado para formar a mistura. Note-se que neste momento não se considera ainda o teor de asfalto, portanto, $\sum \%n = 100\%$ (onde “n” varia de 1 ao número de diferentes agregados na mistura). A porcentagem-alvo na faixa de projeto corresponde à composição de agregados escolhida, podendo em campo variar entre um mínimo e um máximo em cada peneira de acordo com a especificação. Observe-se ainda que a porcentagem-alvo deve estar enquadrada dentro da faixa selecionada;
4. Escolha das temperaturas de mistura e de compactação, a partir da curva viscosidade-temperatura do CAP, conforme exemplo na Fig. 7.1. A temperatura do CAP na hora de ser misturado ao agregado deve ser tal que a sua viscosidade esteja situada entre 75 e 150 SSF (segundos Saybolt-Furol), de preferência entre 75 e 95 SSF ou $0,17 \pm 0,02$ Pa.s se medida com o viscosímetro rotacional. Independente do tipo de asfalto utilizado, a temperatura não deve ser inferior a 107°C nem superior a 177°C e a temperatura dos agregados deve ser de 10 a 15°C acima da temperatura definida para o ligante, sem ultrapassar 177°C . A temperatura de compactação deve ser tal que o CAP apresente viscosidades na faixa de 125 a 155 SSF ou $0,28 \pm 0,03$ Pa.s. Recomenda-se consultar as informações do distribuidor ou fabricante para a determinação da consistência adequada de mistura e compactação de ligantes modificados por polímeros elastoméricos ou asfalto borracha;

-se distinção de procedimentos para definir o teor de projeto dependendo do órgão, empresa ou instituto de pesquisa. É comum também a escolha se dar a partir da estabilidade Marshall, da massa específica aparente e do Vv. Nesse caso, o teor de projeto é uma média de três teores, correspondentes aos teores associados à máxima estabilidade, à massa específica aparente máxima da amostra compactada e a um Vv de 4% (ou média das especificações).

Outra forma de se obter o teor de projeto é fazendo uso somente de dois parâmetros volumétricos, Vv e RBV, o que é mostrado a seguir.

Os parâmetros determinados no passo 10 são correspondentes a cada corpo de prova. Os valores de cada grupo são as médias dos valores dos corpos de prova com o mesmo teor de asfalto (Fig. 7.4).

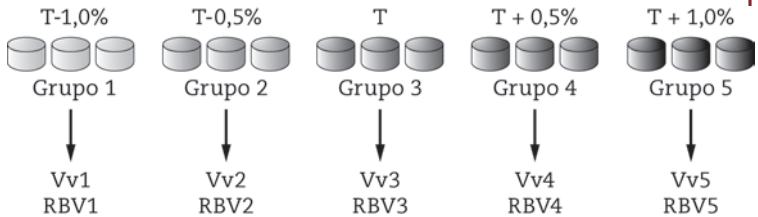


Fig. 7.4 Representação esquemática dos grupos de corpos de prova (Bernucci et al., 2007).

Pode-se então selecionar o teor de projeto a partir dos parâmetros de dosagem Vv e RBV. Com os cinco valores médios de Vv e RBV obtidos nos grupos de corpos de prova é possível traçar um gráfico (Fig. 7.5) do teor de asfalto (no eixo “x”) versus Vv (no eixo “y1”) e RBV (no eixo “y2”). Adicionam-se então linhas de tendência para os valores encontrados dos dois parâmetros.

O gráfico deve conter ainda os limites específicos das duas variáveis, indicados pelas linhas tracejadas. A partir da interseção das linhas de tendência do Vv e do RBV com os limites

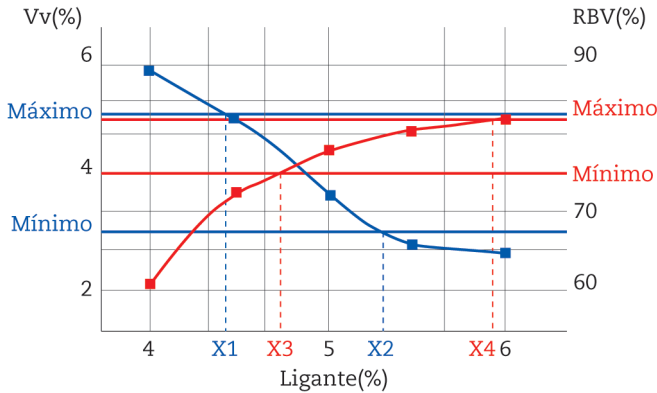


Fig. 7.5 Gráfico para determinação do teor de ligante de projeto.

respectivos de cada um destes parâmetros, são determinados quatro teores de CAP (X_1 , X_2 , X_3 e X_4). O teor de projeto é selecionado tomando a média dos dois teores centrais, ou seja, teor de projeto = $(X_2 + X_3)/2$.

O projeto de dosagem poderá ser ajustado, considerando os seguintes parâmetros:

- ❖ Vv menor que 3% e estabilidade satisfatória – a quantidade de fíler mineral e/ou ligante asfáltico deverá ser reduzida. Também as proporções de agregado graúdo e miúdo poderão ser alteradas para um VAM mais elevado.
- ❖ Vv maior que 5% e estabilidade satisfatória – a quantidade de fíler mineral e/ou ligante asfáltico deverá ser aumentada. Também as proporções de agregado graúdo e miúdo poderão ser alteradas para um VAM mais baixo.
- ❖ Vv menor que 3% e estabilidade baixa – aumentar a quantidade de fíler mineral e reduzir o teor de ligante asfáltico. Também a proporção de agregado graúdo poderá ser aumentada.
- ❖ Vv maior que 5% e estabilidade baixa – aumentar a quantidade de fíler mineral. Também as proporções de agregado graúdo e miúdo poderão ser alteradas para um VAM mais baixo.

rem durante o processo de construção e sob a ação do tráfego. Esta razão é determinada pelo método ASTM D 4791 (Fig. 8.2) na fração do agregado graúdo maior do que 4,75 mm.

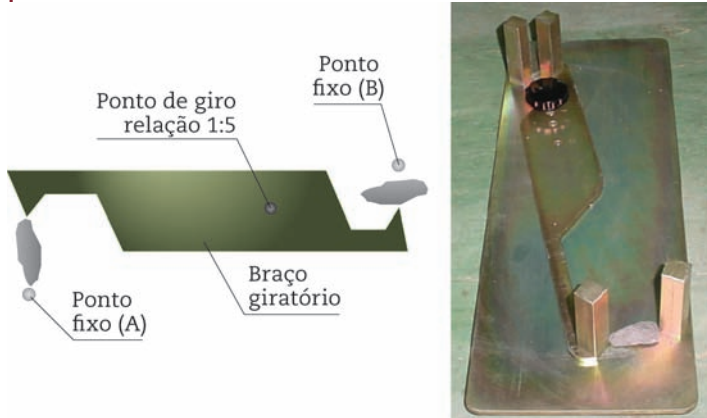


Fig. 8.2 Medição de partículas alongadas e achatadas (Bernucci et al, 2007).

São medidos dois valores neste ensaio: a porcentagem de partículas alongadas e a porcentagem de partículas achatadas. A Tab. 8.3 apresenta os valores máximos admissíveis de partículas alongadas e achatadas do agregado graúdo em função do nível de tráfego.

8.1.4 Teor de argila

O teor de argila é definido como a porcentagem de material argiloso na fração do agregado menor do que 4,75 mm. É determinada pelo ensaio de equivalente de areia. A Tab. 8.4 apresenta os valores mínimos admissíveis de equivalente de areia em função do nível de tráfego.

8.2 Agregados – propriedades de origem

São propriedades que dependem da origem do agregado; seus valores limites para aceitação são definidos localmente pelos órgãos ou agências.

Anexos

exemplos de planilhas de ensaios

Nome _____ Data ___/___/___

Objetivos: A obtenção da distribuição granulométrica de agregados. Tanto a quantidade como também as aberturas das peneiras é função do tipo de faixa granulométrica especificada.

Agregado Análise granulométrica

Procedimento de ensaio – DNER-ME 083/98

Tabela MASSA DA AMOSTRA DE AGREGADO PARA ENSAIO DE GRANUOMETRIA

Massa da amostra para ensaio ϕ máx (DNER-ME 083/98)		
Agregado	máx. (mm)	Massa mínima (g)
Miúdo	4,8	1.000
	9,5	5.000
Graúdo	19	7.000
	25	10.000

A determinação de análise granulométrica deverá ser feita via úmida (por lavagem – método adaptado)

1º passo Obter a amostra a ser analisada por quarteamento, considerando a tabela acima para quantidade de amostra. Secar a amostra em estufa (105 a 110) °C até constância de peso e medir a massa inicial.

$M_i =$ _____ g;

2º passo Lavar a massa de amostra M_i sob a peneira nº 200 (0,075 mm de abertura), utilizar a peneira nº 40 (0,42 mm de abertura) para proteger a peneira nº 200 contra excesso de peso sobre a malha;