

COMPARAÇÃO DA DENSIDADE MÁXIMA TEÓRICA E DENSIDADE MÁXIMA MEDIDA E SUA INFLUÊNCIA NA DOSAGEM DE MISTURAS ASFÁLTICAS

Tailene Thomas

Acadêmica do curso de Engenharia Civil, autora, bolsista PROBIC - FAPERGS, UFSM
tailenethomas@yahoo.com.br

Caciane S. Possani

Acadêmica do curso de Engenharia Civil, co-autora, UFSM
cacianepossani@hotmail.com

Kelly Benz

Acadêmica do curso de Engenharia Civil, co-autora, UFSM
kellybirck@hotmail.com

Dr. Luciano Pivoto Specht

Professor/Pesquisador do curso de engenharia civil, UFSM
luspecht@gmail.com

Resumo. *O objetivo deste trabalho é comparar o teor de ligante de projeto de misturas tipo concreto asfáltico calculado pela densidade máxima teórica (DMT), determinada através da ponderação das massas específicas reais dos materiais que compõem a mistura asfáltica com a densidade máxima medida (DMM), determinada pelo método Rice. Os dois agregados estudados são provenientes das cidades gaúchas de Itaara e Eldorado do Sul. Foram realizados ensaios de caracterização física dos componentes da mistura asfáltica, conforme as normas em vigência. Foram realizadas 36 dosagens utilizando a metodologia Marshall. Após a moldagem dos corpos de prova determinou-se a DMM e a DMT para cada teor de ligante. A maior variação encontrada entre a DMM e a DMT foi de 1,51%. A maior diferença de teor de ligante de projeto, determinado a partir do volume de vazios de 4,00% para a DMM e a DMT foi de 0,29%.*

Palavras-chave: *Densidade máxima teórica. Densidade máxima medida. Teor de ligante de projeto.*

1. INTRODUÇÃO

O método de dosagem mais utilizado no mundo inteiro é o método Marshall, que faz uso da compactação por impacto. O método de dosagem influencia no teor de ligante asfáltico, e também varia em função de parâmetros como energia de compactação, temperatura a qual o pavimento está submetido, tipo de mistura, entre outros fatores (Bernucci *et al.*, 2006).

A mistura asfáltica a quente nada mais é do que uma combinação de agregados uniformemente misturados e recobertos com asfalto. O concreto asfáltico é um tipo de mistura que deve satisfazer a requisitos rigorosos, apresentar massa densa, uniforme e de alta qualidade (Instituto do Asfalto, 1989).

A adoção do teor de ligante de projeto desse trabalho foi baseado no volume de vazios (Vv). O teor de projeto é escolhido como aquele correspondente a um Vv de 4%. A determinação do Vv depende da densidade máxima da mistura asfáltica, que pode ser calculada através da ponderação das densidades reais dos materiais constituintes dessa mistura (método teórico) ou determinada em laboratório utilizando uma bomba a vácuo (método Rice).

A densidade obtida pelo método teórico é denominada densidade máxima teórica (DMT) e definida na norma brasileira de dosagem de misturas asfálticas NBR 12891. O valor da DMT considera os constituintes da mistura asfáltica na proporção que ocupam dentro da mistura, porém de forma separada, sendo assim, não se leva em conta a penetração por parte do ligante nos agregados. Analisando dessa forma, o ligante apenas envolveria os agregados, não penetrando nos seus poros.

Para a densidade máxima medida (DMM), determinada pelo método Rice, segue as instruções da norma brasileira de misturas asfálticas NBR 15619. A vantagem do método Rice é a obtenção da densidade da mistura asfáltica sem a necessidade da obtenção das densidades dos seus constituintes separadamente, além de já considerar a absorção de ligante pelos agregados (Bernucci *et al.*, 2006).

A escolha do teor de projeto do ligante asfáltico é importantíssimo na construção de um pavimento, pois o mesmo deve garantir a segurança do usuário na estrada. A escolha de um teor de ligante acima do ideal irá reduzir o volume de vazios, causando a instabilidade da mistura e a exsudação do ligante asfáltico. E se o contrário acontecer, ou seja, escolha de um teor de ligante abaixo do ideal, haverá um aumento do volume de vazios, tornando o pavimento excessivamente permeável e acelerando o processo de deterioração. A mistura asfáltica ideal deve atender aos requisitos da norma, eliminar o risco de patologias e garantir a segurança dos usuários da via.

2. METODOLOGIA

2.1. Origem do agregado

Foram utilizados na dosagem Marshall dois tipos de agregados provenientes das cidades gaúchas de Eldorado do Sul (Brita Eldorado) e de Itaara (Brita Pinhal).

Para a determinação de algumas propriedades importantes dos agregados graúdo e miúdo foram realizados ensaios de absorção, desgaste ou perda á abrasão e sanidade.

Para a Brita Pinhal que apresentou absorção de 2,774 foram realizadas misturas com teor de ligante de 4,0, 4,5, 5,0, 5,5, 6,0, 6,5 e 7,0%. Já para a Brita Eldorado com absorção de 0,448 usou-se os teores de ligante de 4,0, 4,5, 5,0, 5,5 e 6,0 %.

A partir da análise granulométrica dos diferentes agregados foi possível enquadrar a mistura dentro dos limites da faixa C do DNIT, e pelo método de tentativa foi proporcionado os agregados de modo que as frações obedecessem os limites da faixa de trabalho, encontrando-se a proporção para as diferentes misturas.

As misturas estudadas foram denominadas de Brita Pinhal sem cal (BPSC), Brita Pinhal com 1,5% de Calcítica (BPCC), Brita Pinhal com 1,5% de Dolomítica (BPCD), Brita Eldorado sem cal (BESC), Brita Eldorado com 1,5% de Calcítica (BECC) e Brita Eldorado com 1,5% de Dolomítica (BECD). Foram realizadas um total de 36 misturas e para cada uma delas 3 amostras, totalizando 108 amostras.

2.2. Densidade máxima teórica (DMT), densidade máxima medida (DMM) e densidade aparente (Dap)

A partir das densidades dos agregados e do CAP e as suas respectivas porcentagens na mistura asfáltica, a DMT foi calculada de acordo com a norma brasileira NBR 12891 (ABNT, 1993). Eq. 1:

$$DMT = \frac{100}{\frac{\%a}{G_a} + \frac{\%Ag}{G_{Ag}} + \frac{\%Am}{G_{Am}} + \frac{\%f}{G_f} + \frac{\%c}{G_c}} \quad (1)$$

Onde: DMT (densidade máxima teórica); %a (porcentagem de mistura asfáltica); %Ag, %Am, %f, %c (porcentagem de agregado)

gráudo, agregado miúdo, filer e cal respectivamente, expressas em relação à massa total da mistura asfáltica); Ga, Gag, Gam, Gf e Gc (massas específicas reais do asfalto, agregado gráudo, agregado miúdo, filer, e da cal respectivamente).

A DMM foi determinada de acordo com a norma brasileira NBR 15619.

Após duas horas na estufa, a temperatura de compactação, as partículas dos corpos de prova foram separadas com cuidado para evitar a quebra dos agregados.

Com o frasco calibrado pesou-se o conjunto (frasco + água a $25^{\circ}\text{C} \pm 1$) em uma balança com precisão de 0,1g e designou-se esta medida como A.

Colocou-se a amostra em temperatura ambiente dentro do Kitasato (limpo e seco) que se encontrava tarado na balança de precisão. A massa da amostra seca em ar foi designada por B. Após a pesagem adicionou-se água ao Kitasato a temperatura ($25^{\circ}\text{C} \pm 1$) até cobrir totalmente a amostra.

O frasco fechado foi colocado sobre o dispositivo de agitação mecânica. Iniciou-se a agitação e imediatamente começou a remoção de ar da amostra pela aplicação da pressão de vácuo até que a pressão indicada no manômetro de pressão residual chegasse a $27,5 \pm 2,5$ mm de Hg. Manteve-se essa condição por 15 min. Após a aplicação de pressão de vácuo completou-se o volume do recipiente com água a temperatura de ($25^{\circ}\text{C} \pm 1$), tomando cuidado para evitar a inclusão de bolhas de ar. O conjunto (Kitasato com tampa, mistura asfáltica e água) foi pesado, e designou-se a massa por C.

Por fim, determinou-se a densidade máxima medida (DMM) pela aplicação da Eq. (2), conforme a norma brasileira NBR 15619, 2008.

$$DMM = \frac{B}{(B + A - C)} \times 0,99707 \quad (2)$$

Onde: DMM (densidade máxima medida); A (massa do Kitasato com volume completo com água); B (massa da amostra seca ao ar); C (massa do recipiente contendo a amostra

submersa em água); a constante 0,99707 refere-se a densidade da água a 25°C .

Além da obtenção da DMT e da DMM, determinou-se também a densidade aparente das amostras compactadas conforme Eq. (3):

$$Dap = \frac{Ms}{(Msss - Msss_{sub})} \quad (3)$$

Onde: Dap (densidade aparente); Msss (massa do corpo de prova compactado na condição de superfície saturada seca, que corresponde ao corpo-de-prova com os poros superficiais saturados, sendo eliminado o excesso de água); Msss_{sub} (massa de corpo-de-prova compactado na condição de superfície saturada seca e posteriormente submerso em água);

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das amostras das misturas, determinaram-se a DMT, DMM, Dap, porcentagem de volume de vazios determinado pela DMT (%V_{VDMT}) e pela DMM (%V_{VDMM}) para cada porcentagem de CAP estudada.

Com estes resultados, foram traçados gráficos para cada mistura onde encontrou-se o teor de projeto de ligante calculados a partir da DMM e da DMT para um volume de vazios de 4,0 % (Fig. 1).

Como observado na Fig. 1, a mistura que apresenta o maior teor de ligante é a BPSC (determinada pela DMM) e a BPCD (determinada pela DMT) onde o valor encontrado para o teor de projeto de ligante foi de 6,70 %. A maior diferença encontrada de teor de ligante de projeto determinado pela DMT e DMM foi 0,29% para a mistura denominada de BESC. Essa diferença, apesar de significativa se encontra dentro do limite de erro de produção que é de 0,3%, tolerada pelas especificações vigentes do DAER e DNIT.

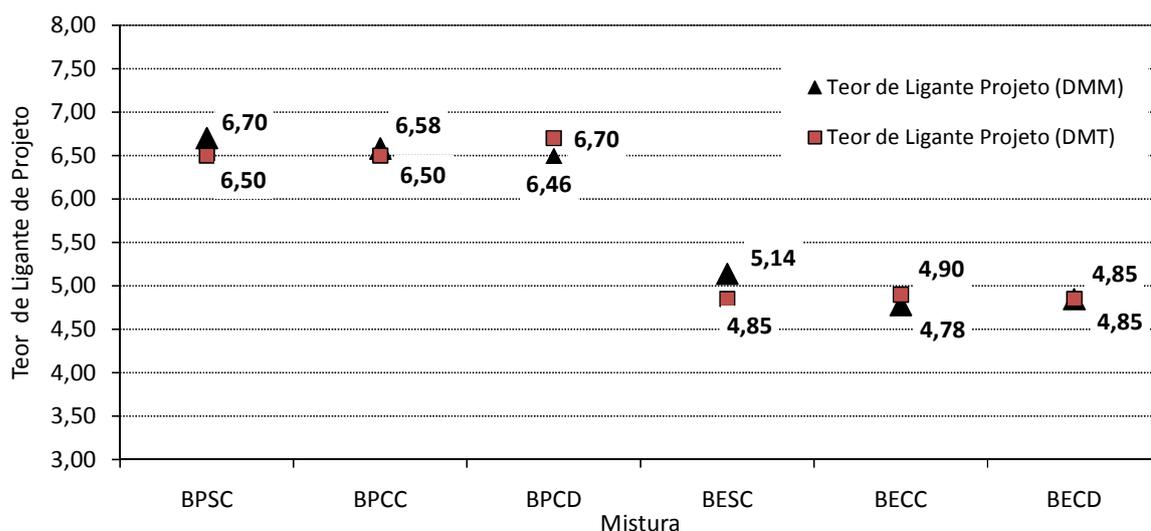


Figura 1 – Teor de projeto de ligante para diferentes misturas com volume de vazios de 4,0%.

CONCLUSÃO

Após obtido todos os resultados, conclui-se que as diferenças entre DMM e DMT dependem muito do tipo de agregado e da mistura empregada. A boa concordância entre os resultados de DMM e DMT demonstra que os ensaios foram realizados com excelente representação da realidade.

Agradecimentos

Os autores agradecem a orientação, incentivo e apoio nas análises estatísticas do Prof. Dr. Luciano Pivoto Specht.

A primeira autora agradece a FAPERGS pela bolsa PROBIC.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15619: Misturas asfálticas - Determinação da massa específica medida em amostras não compactadas. 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12891: dosagem de misturas betuminosas pelo método Marshall. Rio de Janeiro. 1993.

- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT ES -31: pavimentos flexíveis – concreto asfáltico – especificação de serviço. 2006.

- DEPARTAMENTO AUTÔNOMO DE ESTRADAS DE RODAGEM. DAER – ES – P – 16/91.

- BERNUCCI, Liedi Bariani et al. Pavimentação Asfáltica: formação básico para engenheiros. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA 2006.

- Manual do Asfalto (1989) Instituto do Asfalto. Série do Manual N° 4 (MS-4).