	<b>TRABALHOS TÉCNICOS</b>	Nº TTG-002
		DATA SET/94
DISCIPLINA  GEOTECNIA	ATIVIDADE  PROPOSIÇÃO DE MÉTODO DE DOSAGEM MARSHALL PARA MISTURA BETUMINOSA TIPO C.B.U.Q.	REVISÃO 01/03
		FOLHA 01 / 07

## SINOPSE

O trabalho apresenta a seqüência operacional de procedimentos para a execução de uma Dosagem Marshall, visto exclusivamente como uma tarefa de laboratório de asfalto.

Aborda-se a análise dos parâmetros físicos da mistura, frente a algumas características mecânicas das rochas.

Finalmente, ordena-se critérios para a seleção do "Teor ótimo do CAP", ou de uma possível recomposição da mistura de agregados.

Este trabalho também põe em evidência, procedimentos não explícitos no método DNER-ME 43/64, e se fundamenta na experiência do autor, em mais de duas centenas de dosagens.

### 1 - OBJETIVO

O procedimento descrito neste método visa executar o ensaio Marshall para uma dosagem completa, sugerindo algumas práticas não descritas no método DNER-ME 43/64, determinar todas as características físicas das misturas e analisar parâmetros definidores do "Teor ótimo de asfalto".

### 2 - CONFEÇÃO DOS CORPOS-DE-PROVA


2.1 – Deverão ser confeccionados no mínimo 03 (três) corpos-de-prova por teor de ligante, e uma série de cinco teores, variando-o de 0,5 em 0,5%. Cada corpo-de-prova deve apresentar altura entre 63,5 mm e 1,3 mm.

2.2 – Conhecidas as porcentagens em peso em que cada material participe da mistura, calcular o peso de material para confecção de 15 corpos-de-prova, separando-os nas seguintes frações:

% PASSANDO	% RETIDA (MM)
25,40	19,1
19,10	12,7
12,70	9,53
9,53	4,76
4,76	2,00
2,00	0,074
0,074	Fundo

2.3 – Utilizando material acima, compor o corpo-de-prova acumulando os pesos das frações retidas, conforme a curva granulométrica da mistura.

2.4 – Adotando as temperaturas especificadas para mistura e compactação, e os demais procedimentos, confeccionar os corpos-de-prova:

	<b>TRABALHOS TÉCNICOS</b>	Nº TTG-002
		DATA SET/94
DISCIPLINA  GEOTECNIA	ATIVIDADE  PROPOSIÇÃO DE MÉTODO DE DOSAGEM MARSHALL PARA MISTURA BETUMINOSA TIPO C.B.U.Q.	REVISÃO 01/03
		FOLHA 02 / 07

Exemplo: C.B.U.Q. – Faixa “C”

**QUADRO DAS MISTURAS PARA CONFECÇÃO DOS CORPOS-DE-PROVA**

Peso do agregado *	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200
% CAP sobre os agregados	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
Peso de CAP	60	66	72	78	84
Peso do CP	1.260	1.266	1.272	1.278	1.284

\* O peso dos agregados deve ser único para todos os CP's, o que deve variar é o peso de CAP.

NOTA 1 - Corrigir a % de CAP sobre os agregados para % de CAP sobre a mistura, para uso nos cálculos dos parâmetros físicos.

$$\% \text{ CAP s/ mistura} = \frac{\% \text{ CAP s/ agregado}}{100 + \% \text{ CAP s/ agregado}} \times 100$$

NOTA 2 - Se o primeiro corpo-de-prova apresentar altura fora do padrão, faça a correção conforme abaixo:

Peso do agregado: H (primeiro CP)  
X: H (padrão)

$$X = \frac{H \text{ (padrão)}}{H \text{ (primeiro CP)}} \times \text{Peso do agregado}$$

NOTA 3 – Recomenda-se padronizar todas as operações durante a confecção dos corpos-de-prova, como:

- Temperatura única para aquecimento do agregado;
- Temperatura única para executar a mistura;
- Temperatura única para executar a compactação;
- Único operador no preparo dos materiais;
- Único operador durante a compactação;
- Moldagem dos corpos-de-prova no mesmo turno;
- Adotar única base de compactação;
- Adotar um único soquete.


NOTA 4 – Durante a aplicação dos golpes, é fundamental manter a haste do soquete na posição vertical, impedir a elevação do conjunto, evitando assim o efeito de uma sobrecompactação.

NOTA 5 – Após compactado, o corpo-de-prova deverá permanecer em repouso ainda dentro do cilindro até completo resfriamento, antes de ser extraído.

### 3 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS CORPOS-DE-PROVA

No método Marshall, cada corpo-de-prova compactado está sujeito às seguintes determinações:

- Densidade aparente (g/cm<sup>3</sup>) ..... DA

	<b>TRABALHOS TÉCNICOS</b>	Nº TTG-002
		DATA SET/94
DISCIPLINA  GEOTECNIA	ATIVIDADE  PROPOSIÇÃO DE MÉTODO DE DOSAGEM MARSHALL PARA MISTURA BETUMINOSA TIPO C.B.U.Q.	REVISÃO 01/03
		FOLHA 03 / 07

- Estabilidade Marshall (Kg) ..... E
- Fluência Marshall (1/100") ..... F
- Cálculos dos parâmetros físicos:
  - Densidade máxima teórica (g/cm<sup>3</sup>) ..... DT
  - % Vazios reais ..... % Vv
  - % Vazios cheios de betume ..... % VCB
  - % Vazios do agregado mineral ..... % VAM
  - % Relação betume/vazios ..... % RBV

A especificação de serviço DNER-P 22/71, especifica limites para as características acima. É recomendável que se conheça os valores para as características abaixo.

- Resistência a tração estática (Kgf/cm<sup>2</sup>) ..... DNER ME 138/84
- Módulo resiliente (Kgf/cm<sup>2</sup>) ..... DNER ME 133/83

Os resultados destes ensaios têm amplas interpretações. No caso da dosagem, auxiliam na definição, quantitativa, qualitativa quanto ao comportamento da fração arenosa e principalmente da fração fillerizada contida na mistura.

### 3.1 – DENSIDADE APARENTE (DNER ME 117/87)

A densidade aparente deve ser realizada tão logo o corpo-de-prova tenha sido extraído do cilindro. Os procedimentos para esta determinação levam em consideração características de porosidade e textura superficial dos mesmos.

### 3.2 – ESTABILIDADE MARSHALL (DNER ME 43/64)


A estabilidade Marshall deve ser executada utilizando a prensa elétrica, com êmbolo deslocando a velocidade constante de 50,8 mm/ minuto.

### 3.3 – FLUÊNCIA MARSHALL (DNER ME 43/64)

A fluência Marshall deve ser determinada sobre o corpo-de-prova durante o rompimento em prensa elétrica.

### 3.4 – CÁLCULOS DOS PARÂMETROS FÍSICOS

Densidade aparente: DA = $\frac{Par}{Par - I_{merso}}$	Densidade teórica: DT = $\frac{100}{\frac{\% agr.}{Dr. Agr.} + \frac{\% cap}{Dr. Cap}}$
Vazios % Vv: $\frac{Dt - Da \times 100}{Dt}$	Vazios cheios de betume: % V.C.B = $\frac{Da \times \% CAP}{D CAP}$
Vazios do agregado mineral: % V.A.M. = % Vv + % V.C.B.	Rel. dos vazios cheios de betume com os vazios do agregado mineral: % R.B.V. = $\frac{\% V.C.B. \times 100}{\% V.A..M.}$

	<b>TRABALHOS TÉCNICOS</b>	Nº TTG-002
		DATA SET/94
DISCIPLINA  GEOTECNIA	ATIVIDADE  PROPOSIÇÃO DE MÉTODO DE DOSAGEM MARSHALL PARA MISTURA BETUMINOSA TIPO C.B.U.Q.	REVISÃO 01/03
		FOLHA 04 / 07

#### 4 - DETERMINAÇÃO DO TEOR ÓTIMO DE ASFALTO

O teor ótimo de asfalto deve ser determinado como sendo a média algébrica dos teores que apresentarem valores de:

- Mínimo % V.A..M.;
- Máxima densidade aparente;
- Máxima estabilidade;
- Para este valor médio de teor, a % de Vazios reais (%Vv) e %de R.B.V., devem estar dentro dos limites especificados para a mistura estudada.

NOTA 6 – As características das misturas variam com o crescimento do teor:

- Estabilidade: .....Mínima ..... Máxima ..... Mínima
- Fluência: .....Mínima..... Máxima
- Densidade:.....Mínima..... Máxima ..... Mínima
- V.A..M.: .....Máxima ..... Mínima ..... Máxima
- % V.v.:.....Máxima ..... Mínima
- % R.B.V.: .....Mínima..... Máxima

NOTA 7 – Não estando definida a Estabilidade máxima na curva, o teor ótimo pode ser a média entre a densidade e o V.A.M., estando %Vv, e %R.B.V. satisfatórios.

NOTA 8 - Não estando definidas Estabilidade e Densidade, o Teor Ótimo pode ser definido somente através do mínimo V.A..M.. Com esta curva perfeitamente caracterizada conforme NOTA 6, e estando %Vv, e %R.B.V. satisfatórios.

NOTA 9 – Definido o teor pela média algébrica, ou conforme NOTA 7 ou 8, e as %Vv e %R.B.V., não estando atendendo aos limites especificados, refazer a composição d mistura de agregados e a nova dosagem.

NOTA 10 – Não sendo possível determinar o teor através dos procedimentos descrito, deve-se pesquisar sobre influência das características geométricas, físicas e mecânicas dos agregados utilizados. Bem como sobre o esforço de compactação utilizado, ou seja, o número de golpes.


#### 5 - ANEXOS

ANEXO 01 – Composição da mistura de agregados

ANEXO 02 – Método Marshall: Execução dos corpos de prova

Resumo dos ensaios físicos

Cálculos das características

	<b>TRABALHOS TÉCNICOS</b>	Nº TTG-002
		DATA SET/94
DISCIPLINA  GEOTECNIA	ATIVIDADE  PROPOSIÇÃO DE MÉTODO DE DOSAGEM MARSHALL PARA MISTURA BETUMINOSA TIPO C.B.U.Q.	REVISÃO 01/03
		FOLHA 05 / 07

ANEXO 01 – Composição da mistura de agregados


C.B.U.Q. (DNER-ES-P 22/71)

Caracteres	Camada	Rolamento	Ligação (Binder)
% Vazios		3 – 5	4 – 6
% R.B.V.		75 – 82	65 – 72
Fluência		8 – 18	
Estabilidade (mínima)		> 350 Kg (75 golpes) > 250 Kg (50 golpes)	

Densidade Aparente $DA = \frac{\text{Par}}{\text{Par} - \text{Imerso}}$	Densidade Teórica $DT = \frac{100}{\frac{\% \text{ Arg.}}{\text{Dr. Arg.}} + \frac{\% \text{ CAP.}}{\text{Dr. CAP.}}}$
--	---


$\text{Vazios \% Vv} = \frac{DT - Da}{D_t} \times 100$	(Vazios cheios de betume) $\% \text{ V.C.B.} = \frac{Da \times \% \text{ CAP.}}{D_{CAP}}$
--	--

Vazios do agregado mineral $\% \text{ V.A.. M.} = \% \text{ Vv} + \% \text{ V.C.B.}$	(Relação dos vazios cheios de betume com os vazios do agregado mineral) $\% \text{ R.B.V.} = \frac{\% \text{ V.C.B.}}{\% \text{ V.A.M.}} \times 100$
---	---

	<b>TRABALHOS TÉCNICOS</b>	Nº TTG-002
		DATA SET/94
DISCIPLINA  GEOTECNIA	ATIVIDADE  PROPOSIÇÃO DE MÉTODO DE DOSAGEM MARSHALL PARA MISTURA BETUMINOSA TIPO C.B.U.Q.	REVISÃO 01/03
		FOLHA 06 / 07

ANEXO 02 – Método Marshall: Execução dos corpos de prova  
Resumo dos ensaios físicos  
Cálculos das características

TABELA PARA CORREÇÃO DA ESTABILIDADE		
Volume do corpo de prova	Espessura aproximada do corpo de prova em polegada	Fator
200 - 213	1	5,56
214 - 225	1.1/16	5,00
226 - 237	1.1/8	4,55
238 - 250	1.3/16	4,17
251 - 264	1.1/4	3,85
265 - 276	1.5/16	3,57
277 - 289	1.3/8	3,33
290 - 301	1.7/16	3,03
302 - 316	1.1/2	2,78
317 - 328	1.9/16	2,50
329 - 340	1.5/8	2,27
341 - 353	1.11/16	2,08
354 - 367	1.3/4	1,92
368 - 379	1.13/16	1,79
380 - 392	1.7/8	1,67
393 - 405	1.15/16	1,56
406 - 420	2	1,47
421 - 431	2.1/16	1,39
432 - 443	2.1/8	1,32
444 - 456	2.3/16	1,25
457 - 470	2.1/4	1,19
471 - 482	2.5/16	1,14
483 - 495	2.3/8	1,09
496 - 508	2.7/16	1,04
509 - 522	2.1/2	1,00
523 - 535	2.9/16	0,96
536 - 546	2.5/8	0,93
547 - 559	2.11/16	0,89
560 - 573	2.3/4	0,86
574 - 585	2.13/16	0,83
586 - 598	2.7/8	0,81
599 - 610	2,15/16	0,78
611 - 625	3	0,86

	<b>TRABALHOS TÉCNICOS</b>	Nº TTG-002
		DATA SET/94
DISCIPLINA  GEOTECNIA	ATIVIDADE  PROPOSIÇÃO DE MÉTODO DE DOSAGEM MARSHALL PARA MISTURA BETUMINOSA TIPO C.B.U.Q.	REVISÃO 01/03
		FOLHA 07 / 07

## 6 – BIBLIOGRAFIA

- 01 – Ensaio Marshall para mistura betuminosa – DNER – ME 43/64
- 02 – G.JEUFFROY – 1973 – Proyecto e Construcción de Carretas – Tomo II – Capitulo IX
- 03 – SOUZA – MURILO LOPES - Misturas betuminosas associadas dos ligantes betuminosos aos agregados – DNER 1961
- 04 – MOTA – LAURA M. GORETTI – Aspectos do comportamento de misturas asfálticas – IBP - 1993
- 05 – SOUZA – MURILO LOPES – Pavimentação rodoviária – vol. 1 – IPR – 1976
- 06 – MOREIRA - CRISTIANO C. – interdependência das características físicas das misturas betuminosas tipo C.B.U.Q. – Notas de palestras – 1992
- 07 – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de misturas betuminosas – DNER – ME 138/84