

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**  
**CAMPUS I – CAMPINA GRANDE**

**COMPORTAMENTO DE MISTURAS ASFÁLTICAS A QUENTE COM**  
**AGREGADOS PROVENIENTES DE JAZIDAS DE SEIXO NO ESTADO DO PARÁ**

**JOÃO BATISTA DE QUEIROZ SOUZA**

Campina Grande – Paraíba

Dezembro/2007

## **JOÃO BATISTA DE QUEIROZ SOUZA**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande – Campina Grande – PB, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de **MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL**.

Área de Concentração: Geotecnia

Prof. Dr. José Afonso Gonçalves de Macêdo  
Orientador

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Licia Mouta da Costa  
Orientador

Campina Grande - Paraíba

Dezembro/2007

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**  
**CAMPUS I – CAMPINA GRANDE**  
**ÁREA DE GEOTECNIA**

**COMPORTAMENTO DE MISTURAS ASFÁLTICAS A QUENTE COM**  
**AGREGADOS PROVENIENTES DE JAZIDAS DE SEIXO NO ESTADO DO PARÁ**

Por:

**JOÃO BATISTA DE QUEIROZ SOUZA**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande – Campina Grande – PB, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de **MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL**.

Campina Grande – Paraíba

Dezembro/2007

UFCG - BIBLIOTECA - CAMPUS I	
1111	36-07-08

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

S726c

2007 Souza, João Batista de Queiroz.

Comportamento de misturas asfálticas a quente com agregados provenientes de jazidas de seixo no Estado do Pará / João Batista de Queiroz Souza. — Campina Grande, 2007.  
386f. : il. Col.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Referências.

Orientadores: Prof. Dr. José Afonso Gonçalves de Macedo, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Licia Mouta da Costa.

1. Geotecnia – Dissertação. 2. Pavimentação Asfáltica. 3. Agregados Alternativos. 4. Granulometria. I. Título.

..... CDU – 624.13(043)


**FOLHA DE APROVAÇÃO**

**Autor: João Batista de Queiroz Souza**

**Título: COMPORTAMENTO DE MISTURAS ASFÁLTICAS A QUENTE COM AGREGADOS PROVENIENTES DE JAZIDAS DE SEIXO NO ESTADO DO PARÁ**

**Dissertação Defendida e Aprovada em: 21/12/2007**

**Pela Banca Examinadora**

(Assinatura):   
\_\_\_\_\_  
Prof. D.Sc. (Orientador) José Afonso Gonçalves de Macêdo  
DEC/CTRN/UFCG

(Assinatura): *Licia Mouta da Costa*  
\_\_\_\_\_  
Prof. D.Sc. (Orientador) Licia Mouta da Costa  
CAA-UFPE

(Assinatura): *Laura Maria Goretti da Motta*  
\_\_\_\_\_  
Prof. D.Sc. Laura/Maria Goretti da Motta – Examinador Externo  
COPPE/UFRJ

(Assinatura): *Ariosvaldo Alves Barbosa Sobrinho*  
\_\_\_\_\_  
Prof. D.Sc. Ariosvaldo Alves Barbosa Sobrinho – Examinador Interno  
DEMa/CCT/UFCG

**Este trabalho DEDICO**

**A Deus, nosso criador e pai de infinita  
bondade, e a seu filho e nosso irmão maior,  
Jesus, mestre, modelo e guia de toda a  
humanidade.**

## AGRADECIMENTOS

Meu agradecimento todo especial, a você **Ceiça**, companheira, esposa e amiga de todas as horas, incentivadora dos meus projetos de vida, agradeço-te pelo apoio, incentivo e encorajamento que me deu para conclusão desse estudo, pois com palavras seria impossível dizer-lhe o quanto te sou grato.

Aos meus filhos: Thâmisa, Ibysson, Rayane e Raysse, uma benção que Deus colocou em minha vida, pois com a presença deles eu me renovo a cada dia, criando forças para o enfrentamento das dificuldades dessa existência.

Aos meus pais, pelos ensinamentos que me repassaram durante toda minha existência, ensinando-me desde os primeiros passos até alcançar a maturidade, e assim tornando-me o homem que hoje sou, **minha eterna gratidão**.

Aos professores Afonso e Licia, meus orientadores, pela cordialidade e paciência que me dispensaram todas as vezes que se fizeram as suas atenções para comigo, devo-lhes esse apoio de orientação e estímulo, **o meu muito obrigado**.

Aos professores, Laura Motta e Ariosvaldo Sobrinho, pela participação na Banca examinadora.

A todos os companheiros dessa grande empresa, a Maia Melo Engenharia Ltda., que faz parte da minha vida profissional, em nome do diretor presidente Rogério Giglio, Agradeço a todos que direta ou indiretamente me ajudaram nesse trabalho.

Ao Professor Ailton, ao primo Antonino, a Loredana, a Ademir e toda a equipe do Laboratório de Pavimentação da UFCG, pela realização dos ensaios, o meu agradecimento.

A equipe do Laboratório da Coppe/RJ, em nome da professora Laura, o meu agradecimento pela realização dos ensaios naquela instituição.

A Karine pela colaboração na correção ortográfica e gramatical desse trabalho, só tenho que agradecer pela boa vontade.

Aos amigos que tiveram sempre uma palavra de afeto e encorajamento, e por vezes até um sorriso.

Ao desejo de crescimento, devem aliar-se o esforço contínuo e o devotamento às idéias renovadoras.

Joanna de Ângelis



Resumo da Tese apresentada à UFCG/PB como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências em Engenharia Civil.

## **COMPORTAMENTO DE MISTURAS ASFÁLTICAS A QUENTE COM AGREGADOS PROVENIENTES DE JAZIDAS DE SEIXO NO ESTADO DO PARÁ**

João Batista de Queiroz Souza

Dezembro/2007

Orientadores: José Afonso Gonçalves de Macêdo e Licia Mouta da Costa

Na grande Belém/PA e nas rodovias BR-316, trecho: Belém – Divisa PA/MA, e BR-010, conhecida como a rodovia Belém-Brasília, o agregado utilizado nas misturas asfálticas é o seixo, proveniente de jazidas, situadas nos municípios de Ourém, São Miguel do Guama e Capanema. Este trabalho apresenta o estudo de sete misturas: três do tipo densas e contínuas, atendendo a faixa granulométrica “C” da antiga especificação do DNER, ES-313/97, moldadas com o ligante CAP-50/70, proveniente da LUBNOR, Fortaleza/CE e quatro misturas descontínuas tipo SMA (Stone Mastic Asphalt), com granulometrias atendendo a NAPA (2002), confeccionadas com ligante CAP-50/70 da LUBNOR e CAP 30/45 da REDUC, Rio de Janeiro. O filer utilizado nas sete misturas foi o cimento Portland. As características mecânicas foram definidas pelo módulo de resiliência, resistência a tração, deformabilidade sob cargas repetidas e fadiga em corpos de prova cilíndricos compactados, segundo o método Marshall com 50 golpes por face. O módulo resiliênte das misturas SMA, foram superiores aos das misturas densas e contínuas, a utilização do CAP-30/45 não influenciou no resultado dos módulos quando comparados com o CAP-50/70. A resistência a tração dessas misturas apresentaram valores semelhantes, com variação em torno de 7%, nas misturas SMA, o tipo de ligante influenciou nos resultados, gerando valores menores para as misturas com ligante CAP-50/70. Na compressão axial dinâmica (creep dinâmico), os fatores que foram preponderantes para a obtenção de uma menor deformação permanente foram o seixo *in-natura* seguido do teor de ligante, independente do tipo de ligante. Quanto à vida de fadiga em ensaio de compressão diametral a 25°C, as misturas SMA, apresentaram comportamento superiores aos das misturas densas e contínuas. Quando comparado a vida de fadiga, só das misturas SMA, o tipo de ligante influenciou no desempenho, ou seja, o CAP-

30/45, proporcionou melhor desempenho do que, o CAP-50/70. A determinação da espessura de CBUQ para cada mistura, calculada em função da estrutura da base, sub-base e sub-leito e do tráfego da BR-316/PA, através do FEPAVE, para um período de projeto 10 anos, e com o custo de produção por tonelada do CBUQ, conferiu a mistura, que teve como agregado o seixo britado, a melhor relação custo-benefício entre as misturas densas e contínuas. As misturas SMA também apresentaram relação custo-benefício superior quando comparadas com a mistura, que é utilizada atualmente na BR-316/PA. A alternativa de revestimento composto por uma primeira camada de CBUQ, com mistura densa e contínua, sobreposta por uma segunda camada de SMA, demonstrou ser também uma boa solução.

Abstract of thesis presented to UFCG/PB as a partial fulfilment of the requirements for the degree of Master of Science in Civil Engineering

BEHAVIOUR OF HOT ASPHALT MIXTURE WITH AGREGATES FROM PEBBLE  
MINE IN PARÁ

João Batista de Queiroz Souza

Dezembro, 2007

Advisors: José Afonso Gonçalves de Macêdo and Lícia Mouta da Costa

In Belém outskirts and BR316 highway, PA/MA division, and BR010, known as Belém-Brasília highway, the aggregate used in asphalt mixtures is pebble coming from the mines located in Ourem, São Miguel do Guama and Capanema. This work presents the analysis of seven mixtures: three dense and continuous mixtures, in the “C” granulometric zone of the old DNER specification, ES-313/97, moulded with CAP-50/70 link, coming from LUBNOR, Fortaleza/CE and four SMA discontinuous mixtures, with NAPA (2002) granulometry, moulded with CAP-50/70 link from LUBNOR and CAP-30/45 link from REDUC, Rio de Janeiro. The filler used in the mixtures was Portland cement. The mechanical characteristics were defined by the resilient modulus, tension strength, strain under repeated loading and fatigue in compacted cylindrical specimens, according to Marshall method with 50 blows by side. The resilient modulus of SMA mixtures were higher than the dense and continuous mixtures, the CAP-30/45 did not influence the modulus values when compared with CAP-50/70. The mixtures tension strength presented similar values, with a variation around 7% in the SMA mixture, the link type influenced the results, generating lower values for the mixtures with CAP-50/70 link. In axial dynamic compression, the prevailing factors for obtaining a lower permanent strain were in natura pebble followed by the link content, no matter what kind of link. Concerning the fatigue life in the diametrical compression test at 25oC, the SMA mixtures presented better behaviour than the dense and continuous mixtures. Comparing the fatigue life of the SMA mixtures, the CAP-30/45 provided a better performance than the CAP-50/70. The determination of CBUQ thickness for each mixture, calculated as function of base, sub-base and sub-berth structure and the traffic in BR-316/PA, by FEPAVE, for a period of 10 years and with the production cost by CBUQ ton, established

mixture 03, which aggregate was brittled pebble, the better cost-benefit relationship among the dense and continuous mixtures. The SMA mixtures also presented cost-benefit relationship higher when compared with mixture 01, used now in BR-316/PA. The covering option composed by a first CBUQ layer, with dense and continuous mixture, superposed by a second SMA layer, showed to be a good solution.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 2.1:</b> Esquema de variação do ângulo de repouso de agregados com diferentes angularidades.....	30
<b>Figura 2.2:</b> Classificação das misturas asfálticas em função da graduação dos agregados (USACE) .....	31
<b>Figura 2.3:</b> Exemplos de graduações de Agregados representativas de Misturas Asfálticas de vários tipos.....	32
<b>Figura 2.4:</b> Mistura Superpave de PTMN 12,50 mm.....	38
<b>Figura 2.5:</b> Tamanho nominal de 37,5mm.....	40
<b>Figura 2.6:</b> Tamanho nominal de 25,0mm.....	40
<b>Figura 2.7:</b> Tamanho nominal de 19,0mm.....	40
<b>Figura 2.8:</b> Tamanho nominal de 12,5mm.....	41
<b>Figura 2.9:</b> Tamanho nominal de 9,5mm.....	41
<b>Figura 2.10:</b> Combinação do Formato de Partículas e os vazios resultantes.....	43
<b>Figura 2.11:</b> Esquema das peneiras definidas pelo Método Bailey .....	44
<b>Figura 2.12:</b> Esquema da metodologia para seleção da massa específica escolhida para os agregados gráudos.....	45
<b>Figura 2.13:</b> Detalhe do esqueleto mineral da mistura SMA .....	48
<b>Figura 2.14:</b> Fibra de celulose (a) sem ligante e (b) impregnada com ligante .....	50
<b>Figura 2.15:</b> Relação de formas geométricas dos corpos de prova .....	60
<b>Figura 2.16:</b> Estado de tensões gerados no ensaio de tração indireta por compressão diametral. ....	62
<b>Figura 2.17:</b> Equipamento de Ensaio a Compressão diametral de cargas repetidas.....	64
<b>Figura 2.18:</b> Comportamento da tensão e deformação, no ensaio de fadiga a tensão controlada.....	65
<b>Figura 2.19:</b> Comportamento da tensão e deformação, no ensaio de fadiga a deformação constante.....	65
<b>Figura 2.20:</b> Comportamento da tensão e deformação, no ensaio de fadiga com um modo de carregamento intermediário.....	66
<b>Figura 2.21:</b> Diagrama da vida de fadiga para diversos modos de carregamento.....	67
<b>Figura 2.22:</b> Dependência do tempo-temperatura do cimento asfáltico.....	69
<b>Figura 2.23:</b> Classificação dos agregados, quanto a natureza, tamanho e graduação .....	70
<b>Figura 2.24:</b> Efeito da dilatação .....	71
<b>Figura 2.25:</b> Definição da superfície específica dum partícula esférica.....	72
<b>Figura 2.26:</b> Esquemático do ensaio de penetração em cimentos asfálticos .....	74
<b>Figura 2.27:</b> Determinação do módulo de Young .....	77
<b>Figura 2.28:</b> Cálculo do Módulo Complexo de Cisalhamento $G^*$ e do Ângulo de fase $d$ .....	79
<b>Figura 2.29:</b> Esquemático do ensaio de modulo de resiliência.....	81
<b>Figura 2.30:</b> Variação do Coeficiente C do modelo do Manual MS-1 do Instituto do Asfalto dos Estados Unidos.....	85
<b>Figura 2.31:</b> Deformação causada por subleito (ou camadas de pavimentos pouco compactadas ou inadequadas).....	88
<b>Figura 2.32:</b> Deformação causada por mistura asfáltica fraca.....	88
<b>Figura 2.33:</b> Comparação da contribuição do asfalto à resistência ao cisalhamento da mistura .....	89
<b>Figura 2.34:</b> Comparação da contribuição do atrito interno do agregado ao cisalhamento da mistura.....	90

<b>Figura 3.1:</b> Esquema representativo das tensões, deformações e deslocamentos em pontos críticos de um pavimento asfáltico .....	94
<b>Figura 3.2:</b> Sistema para Avaliação Estrutural de Pavimentos .....	96
<b>Figura 3.3:</b> Incerteza relativa entre parâmetros utilizados no dimensionamento de pavimentos .....	109
<b>Figura 4.1:</b> Processo de Extração e transporte de seixo .....	113
<b>Figura 4.2:</b> Mapa de situação com a localização dos agregados.....	114
<b>Figura 4.3:</b> Fotos de fração de seixo, utilizados neste estudo.....	116
<b>Figura 5.1:</b> Produção e aplicação de CBUQ, na rodovia BR-316/PA.....	119
<b>Figura 5.2:</b> Distribuição Granulométrica das misturas densas e contínuas segundo especificações do DNER-ES-313/97 para faixa “C” de CBUQ. ....	123
<b>Figura 5.3:</b> Distribuição Granulométrica da Mistura Densa e Contínua segundo especificações SUPERPAVE para PTMN de 12,5mm (Mistura 01).....	123
<b>Figura 5.4:</b> Distribuição Granulométrica das Misturas Densas e Contínuas segundo especificações SUPERPAVE para PTMN de 19,0 mm (Misturas 02 e 03). ....	124
<b>Figura 5.5:</b> Distribuição Granulométrica, Misturas 04 e 04-A, segundo NAPA(2002), com PTMN de 9,5mm deste estudo. ....	127
<b>Figura 5.6:</b> Distribuição Granulométrica, Misturas 05 e 05-A, segundo NAPA(2002), com PTMN de 12,5mm deste estudo .....	128
<b>Figura 5.7:</b> Gráfico Viscosidade x Temperatura do Ligante Asfáltico CAP-50/70 usado neste estudo.....	129
<b>Figura 5.8:</b> Gráfico Viscosidade x Temperatura do Ligante Asfáltico CAP-30/45 usado neste estudo.....	129
<b>Figura 5.9:</b> Seqüência ilustrativa da confecção dos corpos-de-provas desta pesquisa. ....	131
<b>Figura 5.10:</b> Determinação da massa seca da amostra para o ensaio de DMM.....	133
<b>Figura 5.11:</b> Kitassato modificado .....	133
<b>Figura 5.12:</b> Extração de ar da amostra durante o ensaio de DMM.....	134
<b>Figura 5.13:</b> Determinação da massa do conjunto Kitassato – amostra durante ensaio DMM.....	134
<b>Figura 5.14:</b> Definição do teor de Ligante de Projeto, para as misturas 01,02 e 03 deste estudo.....	137
<b>Figura 5.15:</b> Corpos de prova com fita e parafina para determinação da densidade aparente .....	141
<b>Figura 5.16:</b> Definição do teor de Ligante de projeto para as misturas 04, 05, 04-A e 05-A deste estudo.....	142
<b>Figura 5.17:</b> Diagrama dos componentes – SMA.....	144
<b>Figura 5.18:</b> Determinação do teor de fibra, ensaio de escorrimento para as misturas SMA deste estudo.....	148
<b>Figura 5.19:</b> Cesta usada no Ensaio de escorrimento de Misturas Asfálticas não Compactadas (AASHTO T 305/97).....	148
<b>Figura 5.20:</b> Amostra fibra de celulose, designado de VIATOP 66, usada neste estudo .....	149
<b>Figura 6.1:</b> Deformações sobre carregamentos repetidos .....	153
<b>Figura 6.2:</b> Equipamento de carga repetida para ensaio de compressão diametral do LEP/UFCG .....	154
<b>Figura 6.3:</b> Representação dos ensaios de fadiga: Número de repetições x diferença de tensões para as misturas asfálticas deste estudo .....	161
<b>Figura 6.4:</b> Tipos de determinação do deslocamento permanente feitas simultaneamente nos corpos de prova das misturas asfálticas estudadas. A) Medição feita no topo do corpo de prova. B) Medição feita no centro do corpo de prova. C) Alças de sustentação .....	164
<b>Figura 6.5:</b> Número de aplicações do carregamento x deformação plástica específica, com leitura efetuada no topo do corpo de prova .....	169
<b>Figura 6.6:</b> Número de aplicações do carregamento x deformação plástica específica, com leitura efetuada no centro do corpo de prova .....	169

<b>Figura 6.7:</b> Comparação da vida de fadiga das misturas 01, 02 e 03, com a mistura de referência .....	172
<b>Figura 6.8:</b> Comparação da vida de fadiga das misturas 04, 05, 04-A e 05-A com a mistura de referência .....	175
<b>Figura 7.1:</b> Panorâmica da Rodovia BR-316/PA, segmento Belém –Castanhal.....	176
<b>Figura 7.2:</b> Deflexão x Espessura do revestimento asfáltico.....	189
<b>Figura 7.3:</b> Tensão de tração na fibra inferior do CBUQ x Espessura do revestimento asfáltico no estudo de caso .....	190
<b>Figura 7.4:</b> Tensão Vertical no Subleito x Espessura do Revestimento Asfáltico.....	191
<b>Figura 7.5:</b> Deformação Específica x Espessura do revestimento Asfáltico do estudo de caso .....	192
<b>Figura 7.6:</b> Diferença de Tensões x Espessura do Revestimento Asfáltico .....	193
<b>Figura 7.7:</b> Cálculo do Número “N” x Espessura do Revestimento Asfáltico .....	193
<b>Figura 7.8:</b> Cálculo do número “N” e Espessura do Revestimento Asfáltico, para o revestimento composto pela mistura 03 e mistura 04.....	198

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 2.1</b> Faixas do DNER/DNIT para CBUQ, e para AAUQ.....	36
<b>Tabela 2.2.</b> Designações de misturas SUPERPAVE.....	38
<b>Tabela 2.3:</b> Faixas recomendadas para as três proporções de agregados .....	47
<b>Tabela 2.4:</b> Especificação para o agregado graúdo para uso em SMA nos EUA .....	52
<b>Tabela 2.5:</b> Especificações para o agregado miúdo, para uso em SMA nos EUA.....	52
<b>Tabela 2.6:</b> Especificações necessárias para a fibra de celulose para uso em SMA nos EUA .....	52
<b>Tabela 2.7:</b> Especificações para a fibra mineral para uso em SMA, nos EUA.....	53
<b>Tabela 2.8:</b> Faixas granulométricas de SMA usadas nos Estados EUA.....	53
<b>Tabela 2.9:</b> Especificações da Mistura Asfáltica SMA para Dosagem Marshall.....	53
<b>Tabela 2.10:</b> Modelos de Fadiga adotado pelo DNIT .....	87
<b>Tabela 2.11:</b> Modelos para Determinação da Deformação Permanente.....	90
<b>Tabela 2.12:</b> Equações para Determinação da Tensão Vertical limite no topo do Subleite.....	91
<b>Tabela 4.1:</b> Granulometria dos seixos e areias usados neste estudo .....	115
<b>Tabela 4.2:</b> Características dos agregados minerais usados neste estudo.....	115
<b>Tabela 4.3:</b> Especificações e Resultados de Ensaios nos CAPs usados neste estudo.....	116
<b>Tabela 4.4:</b> Características das fibras VIATOP 66 usados neste estudo .....	117
<b>Tabela 5.1:</b> Identificação das misturas estudadas.....	118
<b>Tabela 5.2:</b> Ajuste na Granulometria Seixo “0” e Areia Grossa para a mistura 02 deste estudo .....	120
<b>Tabela 5.3:</b> Ajustes nas Granulometrias dos seixos britados “1” e “0” e da areia grossa deste estudo .....	121
<b>Tabela 5.4:</b> Composição dos Agregados das Misturas Densas e Contínuas deste estudo .....	121
<b>Tabela 5.5:</b> Granulometria das Misturas Densas e Contínuas deste estudo.....	122
<b>Tabela 5.6:</b> Elementos para Cálculo dos Parâmetros do Método Bailey para este estudo.....	125
<b>Tabela 5.7:</b> Tabela Contendo os Resultados dos Parâmetros do Método Bailey para as mistura densas deste estudo.....	125
<b>Tabela 5.8:</b> Ajuste na granulometria do seixo britado “0” para utilização nas misturas 04 e 04-A .....	126
<b>Tabela 5.9:</b> Ajustes nas Granulometrias do seixo britado “1” e “0” e da areia grossa para utilização nas misturas 05 e 05-A .....	126
<b>Tabela 5.10:</b> Composição dos Agregados das Misturas Tipo SMA.....	126
<b>Tabela 5.11:</b> Granulometria das Misturas Tipo SMA.....	127
<b>Tabela 5.12:</b> Temperatura de confecção e moldagem para os CAP-50/70 e CAP-30/45 deste estudo .....	130
<b>Tabela 5.13:</b> Teores de ligante para ensaio Marshall.....	131
<b>Tabela 5.14:</b> Densidade Máxima teórica das misturas 01, 02 e 03.....	132
<b>Tabela 5.15:</b> Resultados da DMM, pelo Método Rice para as Misturas 01, 02 e 03 .....	135
<b>Tabela 5.16:</b> Comparativo entre DMT e DMM para as Misturas 01, 02 e 03 .....	136
<b>Tabela 5.17:</b> Parâmetros Volumétricos e Estabilidade das Misturas 01, 02 e 03 deste estudo.....	136
<b>Tabela 5.18:</b> Módulo de Riqueza e espessura do filme de asfalto das misturas 01, 02 e 03.....	138
<b>Tabela 5.19:</b> Teores de ligante para realização do ensaio Marshall das misturas Descontínuas tipo SMA.....	139
<b>Tabela 5.20:</b> Densidade Máxima teórica das Misturas 04, 04-A, 05 e 05-A deste estudo .....	139



<b>Tabela 5.21:</b> Resultados do DMM, pelo Método Rice para as Misturas 04, 04-A, 05 e 05-A deste estudo.....	140
<b>Tabela 5.22:</b> Comparativo entre DMT e DMM para Mistura 04, 04-A, 05 e 05-A.....	140
<b>Tabela 5.23:</b> Parâmetros Volumétricos e Estabilidade das Misturas 04, 05, 04-A e 05-A deste estudo.....	142
<b>Tabela 5.24:</b> Calculo do modulo de Riqueza e espessuras do filme de asfalto das Misturas 04, 04-A, 05 e 05-A.....	143
<b>Tabela 5.25:</b> Definição da Fração Graúda de Agregado em mistura tipo SMA.....	145
<b>Tabela 5.26:</b> Valores da Densidade específica Aparente do seixo britado deste estudo.....	145
<b>Tabela 5.27:</b> Resultados do valor $\gamma_s$ para o seixo Britado deste estudo.....	146
<b>Tabela 5.28:</b> Valores de $VCA_{DRC}$ e $VCA_{MIX}$ , calculados pelas expressões 5.3 e 5.4, para as misturas tipo SMA deste estudo.....	146
<b>Tabela 5.29:</b> Resultados do Ensaio de Escorrimento para as Misturas 04, 04-A, 05 e 05-A.....	147
<b>Tabela 5.30:</b> Teores de Fibra a serem usadas nas Misturas Tipo SMA.....	148
<b>Tabela 5.31:</b> Valores obtidos no ensaio Lottman.....	150
<b>Tabela 6.1:</b> Distribuição dos CPs para realização dos ensaios.....	152
<b>Tabela 6.2:</b> Resultados dos módulos de resiliência.....	155
<b>Tabela 6.3:</b> Resultado dos ensaios de resistência a tração das misturas deste estudo.....	158
<b>Tabela 6.4:</b> Resultados da razão MR/RT.....	159
<b>Tabela 6.5:</b> Número de aplicações de cargas, obtidos nos ensaios de fadiga.....	161
<b>Tabela 6.6:</b> Valores de $K_2$ , $n_2$ e $R^2$ para as misturas asfálticas deste estudo em função de $(\Delta\sigma)$ .....	162
<b>Tabela 6.7:</b> Resultado dos ensaios axial dinâmico (CREEP), realizados a 25°C.....	167
<b>Tabela 6.8:</b> Valores da deformação plástica final em função do teor de ligante das misturas deste estudo.....	168
<b>Tabela 6.9:</b> Misturas de Referências, para comparação com as misturas utilizadas neste trabalho.....	170
<b>Tabela 6.10:</b> Comparação dos valores de resistência a tração das misturas 01 02 e 03 com a mistura de referência.....	171
<b>Tabela 6.11:</b> Comparação dos valores do modulo de resiliência das misturas 01, 02 e 03 com a mistura de referência.....	171
<b>Tabela 6.12:</b> Comparação dos valores da relação MR/RT das misturas 01, 02 e 03 com a mistura de referência.....	172
<b>Tabela 6.13:</b> Comparação dos valores de resistência a tração das misturas 04, 05, 04-A e 05-A, com a mistura de referência.....	173
<b>Tabela 6.14:</b> Comparação do modulo de resiliência das misturas 04, 05, 04-A e 05-A com a mistura de referência.....	174
<b>Tabela 6.15:</b> Comparação da relação MR/RT das misturas 04, 05, 04-A e 05-A com a mistura de referência.....	174
<b>Tabela 7.1:</b> Estrutura do pavimento da BR.....	177
<b>Tabela 7.2:</b> Cálculo do Número “N”, para um período de 10 anos.....	177
<b>Tabela 7.3:</b> Modelos de comportamento dos materiais considerados no programa Fepave.....	178
<b>Tabela 7.4:</b> Módulos de resiliência das misturas deste estudo e usados no estudo de caso.....	179
<b>Tabela 7.5:</b> Equações de vida de fadiga das misturas deste estudo.....	179
<b>Tabela 7.6:</b> Resultados de Ensaio de resistência a tração.....	180
<b>Tabela 7.7:</b> Modelos $\sigma \times \epsilon$ dos dos materiais camadas das estações E-800 e E-100 usados como da estrutura de ref.....	180
<b>Tabela 7.8:</b> Modelos $\sigma \times \epsilon$ dos materiais das camadas das estações E-800 e E-100 (modelo composto).....	181

<b>Tabela 7.9:</b> Comparação de coeficiente de determinação .....	181
<b>Tabela 7.10:</b> Resultados do FEPAVE para a mistura 01 .....	182
<b>Tabela 7.11:</b> Resultados do FEPAVE para a mistura 02 .....	183
<b>Tabela 7.12:</b> Resultados do FEPAVE para a mistura 03 .....	183
<b>Tabela 7.13:</b> Resultados do FEPAVE para a mistura 04 .....	184
<b>Tabela 7.14:</b> Resultados do FEPAVE para a mistura 05 .....	184
<b>Tabela 7.15:</b> Resultados do FEPAVE para a mistura 04-A .....	185
<b>Tabela 7.16:</b> Resultados do FEPAVE para a mistura 05-A .....	185
<b>Tabela 7.17:</b> Resumo dos resultados da tensão vertical limite .....	186
<b>Tabela 7.18:</b> Cálculo da deformação limite para mistura 01 .....	187
<b>Tabela 7.19:</b> Cálculo da deformação limite para mistura 02 .....	187
<b>Tabela 7.20:</b> Cálculo da deformação limite para mistura 03 .....	187
<b>Tabela 7.21:</b> Cálculo da deformação limite para mistura 04 .....	188
<b>Tabela 7.22:</b> Cálculo da deformação limite para mistura 05 .....	188
<b>Tabela 7.23:</b> Cálculo da deformação limite para mistura 04-A .....	188
<b>Tabela 7.24:</b> Cálculo da deformação limite para mistura 05-A .....	189
<b>Tabela 7.25:</b> Espessuras do CBUQ para um período projeto de 10 anos para as misturas deste estudo .....	198
<b>Tabela 7.26:</b> Composição dos insumos .....	199
<b>Tabela 7.27:</b> Resumo dos preços unitários para 1,0 ton. de CBUQ .....	199
<b>Tabela 7.28:</b> Comparativo de custo .....	200

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1.1:</b> Distribuição da malha rodoviária federal nos estados do Pará e Amapá .....	25
<b>Quadro 2.1:</b> Critério de fadiga em função do tipo de ensaio.....	67
<b>Quadro 2.2:</b> Valores de módulo de riqueza, em função do tipo de revestimento .....	75
<b>Quadro 2.3:</b> Comportamento da fadiga em função do teor de asfalto .....	75
<b>Quadro 2.4:</b> Temperaturas especificadas para realização de ensaios de fadiga.....	76

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\varepsilon$	: Deformação de tração repetida.
$\mu$	: Coeficiente de Poisson.
$\Sigma$	: Superfície Específica.
$\tau$	: Resistência ao cisalhamento.
$\theta$	: Atrito interno.
$\Delta\sigma$	: Diferença de tensões (tensão vertical e horizontal ).
$\varepsilon_{abs}$	: Deformação permanente absoluta.
$\sigma_{axial}$	: Tensão axial.
$\varepsilon_e$	: Deformação elástica.
$\varepsilon_{esp}$	: Deformação permanente específica ou relativa.
$\varepsilon_i$	: Deformação resiliente inicial.
$\varepsilon_p$	: Deformação plástica.
$\delta_r$	: Deslocamento resiliente.
$\varepsilon_r$	: Deformação específica resiliente (recuperável).
$\varepsilon_t$	: Deformação total.
$\sigma_t$	: Tensão de tração.
AAUQ	: Areia asfalto Usinado a Quente.
AS	: Área superficial de agregado.
C	: Coesão.
CAP	: Cimento Asfáltico de Petróleo.
CBUQ	: Concreto Betuminoso Usinado a Quente.
d	: Diâmetro do corpo de prova.
$D_a$	: Densidade aparente da mistura.
$D_{adm}$	: Deflexão admissível.
DC	: Deformação Controlada.
DMM	: Densidade Máxima Medida.
DMT	: Densidade Máxima Teórica.
$E_C$	: Módulo de “creep” dinâmico ou módulo de fluência dinâmica.
F	: Carga vertical.
H	: Altura do corpo de prova.
IP	: Índice de penetração.
IST	: Índice de Suscetibilidade Térmica.

K	: Módulo de riqueza.
$k_i, n_i$	: Parâmetros experimentais (vida de fadiga).
LVDT	: Linear Variable Differential Transducer.
$M_a$	: Massa do agregado na mistura.
MF	: Fator Modo.
$M_r$	: Módulo de resiliência.
$M_t$	: Massa da mistura.
$N_f$	: Vida de fadiga.
P	: Penetração do asfalto.
PA	: Ponto de Amolecimento.
PAG	: Proporção de agregado graúdo.
$\rho_{ap}$	: Densidade aparente do agregado.
PCA	: Percentagem de fração graúda do agregado em relação ao peso total da mistura.
$\rho_{ef}$	: Densidade efetiva do agregado.
PFAM	: Proporção fina do agregado miúdo.
PGAM	: Proporção graúda do agregado miúdo.
PM	: Peneira metade.
PMF	: Pré Misturado a Frio.
PPC	: Primeira peneira de controle.
$\rho_r$	: Densidade real do agregado.
PTMN	: Peneira tamanho máximo nominal.
RBV	: Relação Betume Vazios.
RRT	: Razão de Resistência à Tração por compressão diametral.
RT	: Resistência a Tração por compressão diametral.
$S_b$	: Módulo de rigidez do ligante betuminoso.
SMA	: Stone Mastic Asphalt.
$S_{mix}$	: Módulo ou rigidez da mistura.
SPC	: Segunda peneira de controle.
TC	: Tensão Controlada.
$T_F$	: Espessura do filme de ligante asfáltico.
TPC	: Terceira peneira de controle.
$\sigma_{vsl}$	: Tensão vertical limite no sub-leito.
$V_{ag}$	: Volume de agregados.
VAM	: Vazios do Agregado Mineral.
$V_{ap}$	: Volume aparente do agregado.

$V_{ar}$	: Volume de ar.
$V_b$	: Volume de asfalto.
$V_{ba}$	: Volume de asfalto absorvido.
$V_{bef}$	: Volume de asfalto efetivo.
$VCA_{DRC}$	: Vazios do Agregado Graúdo (DRC = “Dry Rodder Unit Weight”).
$VCA_{MIX}$	: Vazios do Agregado Graúdo na mistura.
$V_{ef}$	: Volume efetivo do agregado.
$V_r$	: Volume real do agregado.
$V_s$	: Volume do sólido.
$V_{sef}$	: Volume do sólido efetivo.
$V_v$	: Volume de vazios.
$Z_R$	: Zona de restrição.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO .....</b>	<b>25</b>
<b>CAPÍTULO 2: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>30</b>
2.1 MISTURAS ASFÁLTICAS .....	30
<b>2.1.1 Classificação das misturas asfálticas .....</b>	<b>31</b>
2.1.1.1 Misturas Densas e Contínuas .....	36
2.1.1.2 Método Bailey para Seleção de Granulometrias Densas e Contínuas.....	41
2.1.1.3 Mistura Descontínuas Stone Matrix Asphalt (SMA) .....	47
2.2 COMPORTAMENTO MECÂNICO DE MISTURAS ASFÁLTICAS .....	54
<b>2.2.1 Estudo de Fadiga.....</b>	<b>54</b>
<b>2.2.2 Ensaio de Fadiga.....</b>	<b>57</b>
<b>2.2.3 Módulos de mistura Betuminosa .....</b>	<b>76</b>
2.2.3.1 Módulo de Young.....	77
2.2.3.2 Módulo de Rigidez .....	78
2.2.3.3 Módulo Dinâmico ou Complexo.....	79
2.2.3.4 Módulo de Resiliência .....	81
2.3 MODELOS DE FADIGA .....	82
<b>2.3.1 Modelo da SHELL OIL .....</b>	<b>83</b>
<b>2.3.2 Modelo MS-1 .....</b>	<b>84</b>
<b>2.3.3 Modelo Salomão Pinto .....</b>	<b>85</b>
<b>2.3.4 Modelos Adotados pelo DNIT.....</b>	<b>86</b>
<b>2.3.5 Modelos de Deformação Permanente .....</b>	<b>87</b>
<b>CAPÍTULO 3: MODELAGEM EM PAVIMENTOS .....</b>	<b>92</b>
3.1 ANÁLISE DE FADIGA.....	99
3.2 ANÁLISE DE TRINCAMENTO POR REFLEXÃO.....	99
3.3 DEFORMAÇÃO PERMANENTE.....	100
3.4 PROGRAMAS COMPUTACIONAIS EXISTENTES .....	100
3.5 ELSYM5.....	100
3.6 FEPAVE.....	101
3.7 JULEA.....	102
3.8 KENLAYER.....	103
3.9 RIOPAVE.....	104

3.10 CAP3D .....	105
3.11 SisPav .....	106
3.12 COMPARAÇÃO ENTRE PROGRAMAS .....	107
3.13 INCERTEZAS NA CARACTERIZAÇÃO DA RESPOSTA DO PAVIMENTO.....	108
3.14 COMENTÁRIOS COMPLEMENTARES.....	109
<b>CAPÍTULO 4: OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS .....</b>	<b>111</b>
4.1 INTRODUÇÃO .....	111
4.2 NATUREZA E PROCEDÊNCIA.....	113
4.3 AGREGADOS .....	114
4.4 CIMENTO ASFÁLTICO DE PETRÓLEO (CAP) .....	116
4.5 FIBRAS .....	117
<b>CAPÍTULO 5: MISTURAS ASFÁLTICAS ESTUDADAS .....</b>	<b>118</b>
5.1 INTRODUÇÃO .....	118
5.2 MISTURAS DENSAS E CONTÍNUAS.....	118
5.3 MISTURAS DESCONTÍNUAS (SMA).....	125
5.4 DOSAGEM MARSHALL – TEOR DE PROJETO .....	128
<b>5.4.1 Misturas Densas e Contínuas.....</b>	<b>130</b>
<b>5.4.2 Misturas Descontínuas (SMA).....</b>	<b>138</b>
5.4.2.1 Moldagem dos Corpos de Prova .....	138
5.4.2.2 Definição do Teor de Ligante .....	139
5.4.2.3 Determinação de $VCA_{MIX}$ e $VCA_{DRC}$ .....	144
5.4.2.4 Determinação da quantidade de fibra a adicionar através do escorrimento de misturas asfálticas não compactadas - AASHTO T 305/97 .....	146
5.4.2.5 Resistência da Mistura Asfáltica Compactada ao Dano por Umidade Induzida – AASHTO T 283/89 .....	149
<b>CAPÍTULO 6: CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA .....</b>	<b>151</b>
6.1 INTRODUÇÃO .....	151
6.2 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	152
<b>6.2.1 Módulo de Resiliência .....</b>	<b>152</b>
<b>6.2.2 Resistência à Tração Estática por Compressão Diametral.....</b>	<b>156</b>
<b>6.2.3 Fadiga por Compressão Diametral a Tensão Controlada .....</b>	<b>159</b>
<b>6.2.4 Ensaio de Compressão Axial Dinâmico (“Creep” Dinâmico).....</b>	<b>163</b>
6.3 COMPARAÇÃO COM OUTRAS PESQUISAS.....	170



<b>6.3.1 Misturas Densas e Contínuas.....</b>	<b>170</b>
<b>6.3.2 Misturas descontínua tipo SMA .....</b>	<b>172</b>
<b>CAPÍTULO 7: ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>176</b>
7.1 INTRODUÇÃO .....	176
<b>7.1.1 Estrutura do Pavimento.....</b>	<b>177</b>
<b>7.1.2 Tráfego.....</b>	<b>177</b>
<b>7.1.3 Programa Fepave .....</b>	<b>178</b>
<b>7.1.4 Modelos de comportamento <math>\sigma</math> x <math>\epsilon</math> dos Materiais da estrutura do pav considerado .....</b>	<b>179</b>
7.1.4.1 Revestimento Asfáltico.....	179
7.1.4.2 Camadas Granulares .....	180
<b>7.1.5 Determinação dos Resultados .....</b>	<b>181</b>
<b>7.1.6 Discussão dos Resultados .....</b>	<b>189</b>
7.1.6.1 Deflexões .....	189
7.1.6.2 Tensão de Tração .....	190
7.1.6.3 Tensão Vertical no Topo do Subleito .....	191
7.1.6.4 Deformação Específica de Tração no CBUQ .....	192
7.1.6.5 Vida de Fadiga .....	192
<b>CAPÍTULO 8: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>202</b>
8.1 CONCLUSÕES .....	202
8.2 RECOMENDAÇÕES .....	204
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>206</b>
<b>ANEXOS</b>	
- Ensaio MARSHALL.....	216
- Moldagem Corpos de Provas para Ensaio de Caracterização Mecânica .....	224
- Ensaio de Módulo de Resiliência.....	232
- Ensaio de Resistência à Tração por Compressão Diametral.....	247
- Ensaio de Fadiga por Compressão Diametral.....	255
- Ensaio de Compressão Axial Dinâmico (Creep Dinâmico), com Leitura Efetuada no Topo do Corpo de Prova .....	263
- Ensaio de Compressão Axial Dinâmico (Creep Dinâmico), com Leitura Efetuada no Centro do Corpo de Prova .....	299

- Rice Teste.....	335
- Índice de Forma “Crivo”.....	344
- Índice de Forma “Paquímetro”.....	348
- Cálculo do PCA, para Determinação do $VCA_{MIX}$ .....	353
- Ensaio Triaxial Dinâmico (Solos).....	358
- FEPAVE.....	366
- Composições de Preço.....	387

## CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

Para um país crescer de forma contínua e sustentável, é necessário a realização de grandes investimentos na infra-estrutura de transportes, quer seja na área rodoviária, ferroviária, hidroviária ou aérea, pois é através desses caminhos que são transportados pessoas, equipamentos, produtos, serviços etc., gerando oportunidades, diminuindo distâncias e distribuindo riquezas.

Na matriz adotada no Brasil, o modal rodoviário é responsável por aproximadamente 61,1% do transporte de cargas. As rodovias pavimentadas, conforme a Jurisdição, são distribuídas da seguinte forma: 58.152 quilômetros de rodovias federais, 115.393 quilômetros de rodovias estaduais e 22.735 quilômetros de rodovias municipais (CNT – 2007), sendo os governos responsáveis pela ampliação, conservação e manutenção da malha, conforme a respectiva Jurisdição. Aproximadamente 10.800 quilômetros das rodovias pavimentadas são administradas por operadoras e iniciativa privada mediante a cobrança de tarifas de pedágio, que são revertidas para serviços de atendimento ao usuário, ampliação da capacidade e manutenção da malha rodoviária.

A 2ª UNIT – Unidade de Infra-Estrutura Terrestre, situada em Belém/PA, foi criada no ano de 1950 e sua Jurisdição abrange as rodovias federais, localizadas nos Estados do Pará e Amapá. De acordo com o PNV - Plano Nacional de Viação, existe na região a seguinte rede Federal:

Rodovia	Pará	Amapá
Pavimentada	1.622,4 km	322,0 km
Implantada	3.010,0 km	642,1 km
Planejada	2.583,2 km	166,0 km
Total	7.215,6 km	1.130,1 km

Quadro 1.1: Distribuição da malha rodoviária federal nos estados do Pará e Amapá.

A área territorial do Estado do Pará é de 1.253.164,49 km<sup>2</sup>, necessitando de rodovias com grandes extensões, por exemplo, a BR-163, com 1.972,4 km e a BR-230, com 1.569 km. Essas rodovias atravessam regiões com características geológicas diferentes, observando-se ao longo delas, segmentos em que ocorrem afloramentos com rochas graníticas, outros ricos

em aluviões de seixos, segmentos com presença de solos lateríticos, segmentos pobres de materiais para serem utilizados *in-natura* no pavimento, etc. Nos projetos de engenharia para construção e restauração de uma rodovia, é necessário ter como princípio básico a racionalização de custos e a utilização dos materiais existentes na região, como forma de viabilizar técnica e economicamente o investimento da obra. Após a pavimentação de uma rodovia, é de fundamental importância a implantação de um sistema de balanças para o controle de carga dos veículos comerciais que trafegam pela via, além da necessidade de acompanhamento dos avanços tecnológicos implantados em veículos de carga pelas montadoras no Brasil, como também, um programa de conservação permanente, pois o que se observa em nosso país, é uma elevada deterioração da estrutura do pavimento ao fim de sua vida útil, acarretando altos investimentos para a reconstrução, como também esgotando as ocorrências de materiais, muitas vezes, já de difícil identificação e exploração. A elaboração de um projeto de engenharia racional e bem concebido, seguido de uma construção que atenda todas as normas e especificações, e após a abertura da rodovia ao tráfego, a implantação de um sistema de conservação e gerenciamento do pavimento, fornecerá aos órgãos responsáveis, o momento certo da intervenção com obras de restauração que não necessitarão de altos custos comparados com uma reconstrução, como também, viabilizará o aproveitamento integral do pavimento existente, diminuindo, consideravelmente, a necessidade de exploração de novas jazidas, pedreiras, seixeiras, areias etc.

O processo de deterioração dos pavimentos é originado pela fadiga dos materiais, em especial das camadas asfálticas e pela deformação permanente das camadas do pavimento.

O fenômeno de fadiga tem sido descrito como um processo de deterioração estrutural que sofre um material quando submetido a um estado de tensões e de deformações repetidas, resultando em trincas ou fraturas completas, após um número suficiente de repetições do carregamento, ou seja, é a perda de resistência que o material sofre, quando solicitado repetidamente por uma carga (PINTO e PREUSSLER, 2002).

As deformações permanentes dos pavimentos são representadas pelo aparecimento dos afundamentos nas trilhas de roda, que são originadas nas camadas subjacentes ao revestimento asfáltico ou causada pela deformação do próprio revestimento. Segundo DNER-TER 005/2003, afundamento é a deformação permanente caracterizada por depressão da

superfície do pavimento, acompanhada, ou não, de solevamento, podendo ser de afundamento plástico ou então de consolidação.

Paralelamente ao desenvolvimento de materiais mais resistentes a elevadas temperaturas, resultando em redução das deformações permanentes, tornou-se necessário o emprego de misturas asfálticas mais flexíveis quando submetidas a médias temperaturas, retardando assim o processo de fadiga do material (BELIGNI et al, 2000).

Vários países inclusive o Brasil, estão estudando diversas composições para misturas asfálticas, dentre elas as misturas asfálticas denominadas “Stone Matrix Asphalt” ou “Stone Mastic Asphalt”, conhecido como SMA, com objetivo de obter uma mistura asfáltica mais resistente e durável, que possa evitar, por mais tempo, o aparecimento de trincas por fadiga, como também reduzir as deformações permanentes, representadas pelo afundamento nas trilhas de rodas.

A partir dessas considerações, o objetivo deste trabalho é avaliar o comportamento mecânico de misturas asfálticas no desempenho estrutural de pavimentos, através da determinação de propriedades mecânicas (módulo de resiliência, resistência a tração por compressão diametral, fadiga por compressão diametral a tensão controlada e ensaio de compressão axial (“creep” dinâmico)) de sete misturas com a utilização do seixo *in-natura* e britado, sendo três misturas tipo densas e contínuas com ligante CAP 50/70. A mistura denominada mistura 01, apresenta as mesmas características do CBUQ aplicado na restauração da BR-316/PA, projetado de acordo com a especificação ESP-313/97 e utilizando o seixo *in-natura*. A mistura 02, projetada também com seixo *in-natura*, teve a sua granulometria modificada para atendimento aos parâmetros definidos pelo método Bailey. E a mistura 03 foi confeccionada com seixo britado e atendendo às recomendações definidas no método Bailey. As outras quatro misturas são descontínuas tipo SMA, todas com seixo britado e as distribuições granulométricas projetadas, segundo o NAPA (2002). O ligante utilizado nas misturas 04 e 05 foi o CAP 50/70 e nas misturas 04-A e 05-A o CAP 30/45, a fibra utilizada foi de celulose sob a forma de péletes, denominada VIATOP-66.

O trabalho está organizado em oito capítulos, que, em seguida, são sucintamente descritos:

Capítulo 1 – Introdução. Este capítulo dedica-se a apresentar a contextualização do tema, bem como os objetivos da pesquisa.

O capítulo 2 – “Revisão Bibliográfica” contém abordagem conceitual sobre misturas densas e contínuas, misturas descontínuas tipo SMA; faz referências ao método Bailey, aborda a fadiga e a deformação permanente nas misturas asfálticas e alguns modelos de comportamento de fadiga.

No capítulo 3 – “Modelagem em Pavimentos” é apresentado uma abordagem sobre os modelos de comportamento para avaliação de pavimentos e descreve os programas computacionais, utilizados para cálculo estrutural e desempenho de pavimentos.

O capítulo 4 – “Obtenção e caracterização dos materiais” aborda as características dos materiais utilizados neste trabalho (seixo, areia, filer, ligante e fibra), bem como a descrição resumida dos problemas com agregados na região.

O capítulo 5 – “Dosagens das misturas asfálticas” apresenta as misturas projetadas, sendo três densas e contínuas e quatro descontínuas tipo SMA, para as primeiras misturas é feito uma verificação se a granulometria projetada atende ao método Bailey e as especificações do SUPERPAVE. Já para as misturas descontínuas é definido o percentual de fibra a ser utilizada, e feito o cálculo dos parâmetros volumétricos (VCAmix e VCAdrc). É apresentado também, a dosagem Marshall para obtenção do teor de projeto das sete misturas, e feito um comparativo entre a DMT e DMM e a resistência das misturas compactadas ao dano por umidade induzida.

Neste capítulo 6 – “Caracterização Mecânica” é apresentado o comportamento mecânico das sete misturas projetadas, através do Módulo de resiliência, resistência a tração estática por compressão diametral, fadiga por compressão diametral a tensão controlada e ensaio de compressão axial dinâmico (“creep” Dinâmico), e tecidos comentários sobre os resultados obtidos.

O capítulo 7 – “Estudo de Caso” contém um estudo, para verificar qual das misturas projetadas apresentará melhor desempenho, utilizando-se a estrutura do pavimento (base, sub-

base e sub-leito) da rodovia BR-316/PA, trecho Belém–Castanhal. O cálculo das tensões, deformações e deflexões, foram realizados através do programa computacional FEPAVE. É apresentado o custo para aquisição de materiais, transporte, confecção e aplicação de cada uma das misturas e feito o comparativo entre elas, com vista a se obter a que apresenta melhor custo-benefício.

O capítulo 8 – Contem as conclusões e sugestões para pesquisas futuras.

## CAPÍTULO 2: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 MISTURAS ASFÁLTICAS

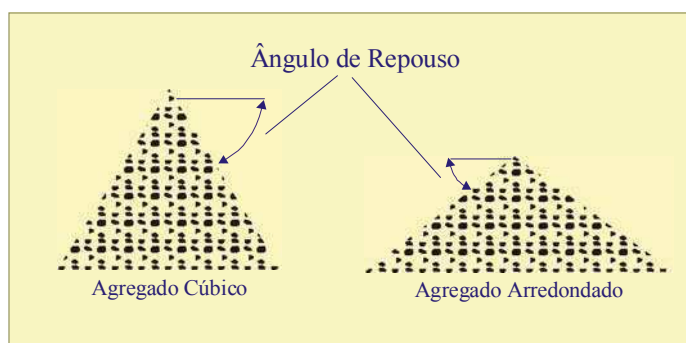
Todas as camadas que compõem um pavimento (reforço, sub-base, base e revestimento) têm uma função específica dentro da estrutura projetada. No entanto o revestimento asfáltico, por ser a camada exposta às cargas do tráfego, é a mais solicitada pelos esforços como também pelo intemperismo causado pelo meio. Por isto quando do dimensionamento de um pavimento todas as variáveis, e todos os materiais que constituem esta camada devem ser exaustivamente estudadas para que a estrutura seja bem dimensionada, assim como as outras camadas do pavimento.

As propriedades das misturas asfálticas a quente são significativamente influenciadas por propriedades da combinação de agregados. Dentre essas propriedades, as que mais influenciam são:

- **Forma, Angularidade e Textura**

A forma do agregado graúdo deve ser aproximadamente cúbica e esta fração deve ser livre de partículas muito alongadas ou lamelares. Os agregados graúdo e miúdo de textura rugosa e arestas vivas (angularidade) tendem a desenvolver mais atrito interno e melhor adesividade passiva que os arredondados de textura lisa.

Examinando-se duas pilhas distintas de agregados (figura 2.1), uma de agregados cúbicos e a outra de agregados arredondados, percebe-se facilmente a diferença. A pilha de agregados cúbicos é mais estável e possui um ângulo de repouso maior (inclinação da pilha), em relação a de agregados arredondados ou não-britados.



**Figura 2.1:** Esquema de variação do ângulo de repouso de agregados com diferentes angularidades.

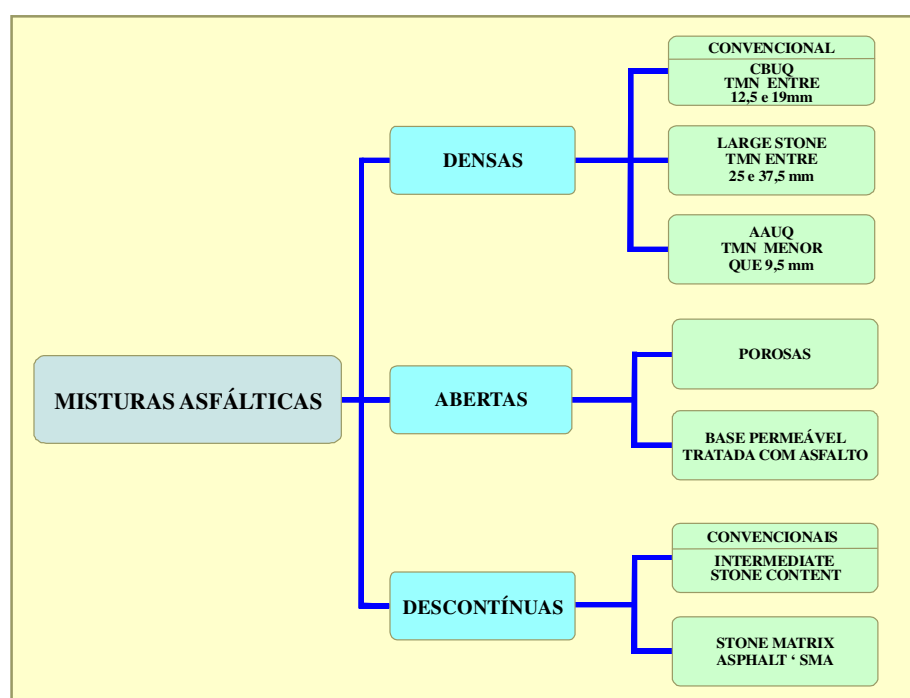


- **Granulometria dos Agregados**

A granulometria dos agregados desempenha um fator determinante nas misturas asfálticas, pois o esqueleto mineral representa em torno de 94% da composição da mistura. Uma distribuição granulométrica bem dosada é um dos principais pontos para a elaboração de uma mistura asfáltica poder apresentar um bom desempenho a curto, médio e longo prazo. A importância da graduação dos agregados foi reconhecida como essencial para o desenvolvimento adequado de projetos de misturas asfálticas muito antes do estabelecimento dos métodos formais de projeto de misturas (HUBER e SHULER, 1992).

### 2.1.1 Classificação das misturas asfálticas

A United States Army Corps of Engineers (USACE, 2000) classifica as misturas asfálticas a quente em três tipos em função da graduação dos agregados.



**Figura 2.2:** Classificação das misturas asfálticas em função da graduação dos agregados (USACE, 2000)

A figura 2.3 apresenta exemplos de graduações dos agregados de misturas densas, abertas e descontínuas, a curva de cada mistura corresponde ao centro de cada faixa especificada por alguns órgãos.

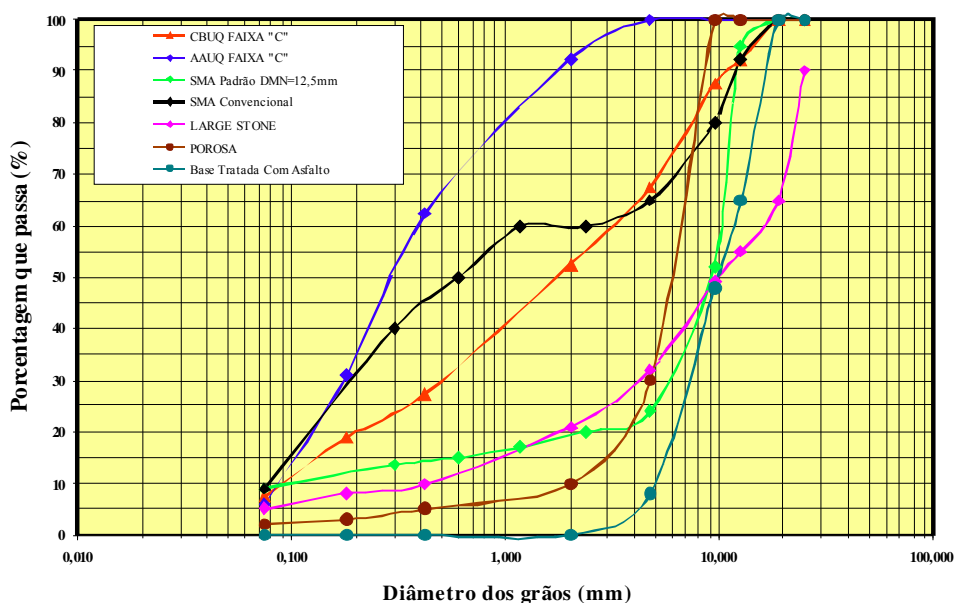


Figura 2.3: Exemplos de graduações de Agregados representativas de Misturas Asfálticas de vários tipos.

### • Propriedades Volumétricas

As propriedades volumétricas das misturas asfálticas são de grande relevância, quando da elaboração das dosagens. Na década de 1940, Marshall propôs a incorporação conceitual de volume de vazios e de grau de saturação dos vazios da mistura por asfalto (relação betume-vazios). Atualmente, as propriedades volumétricas das misturas asfálticas foram subdivididas e passaram a ser classificadas como parâmetros volumétricos primários e secundários (COREE, 1999).

### • Parâmetros Volumétricos Primários

Os parâmetros volumétricos primários estão relacionados diretamente com os volumes relativos dos componentes individuais das misturas:

$V_{ar}$ : Volume de ar;

$V_{ag}$ : Volume de agregados;

$V_b$ : Volume de asfalto.

Com a absorção de asfalto pelo agregado, as cavidades porosas do agregado (espaço poroso) e o asfalto absorvido passam a compartilhar um mesmo espaço, ou seja, a soma dos

volumes ( $V_b + V_{ag}$ ) são maiores que os seus volumes combinados ( $V_b + V_{ag}$ ). Isso gera uma subdivisão dos parâmetros primários em:

$V_{bef}$ : Volume de asfalto efetivo, volume de asfalto não absorvido pelo agregado;

$V_{ba}$ : Volume de asfalto absorvido, volume de asfalto absorvido pelos poros do agregado;

$V_{ap}$ : Volume aparente do agregado, volume do agregado que inclui o volume dos poros permeáveis à água e o volume dos poros permeáveis ao asfalto;

$V_{ef}$ : Volume efetivo do agregado, volume do agregado que inclui o volume dos poros permeáveis à água sem o asfalto;

$V_r$ : Volume real do agregado, apenas o volume sólido do agregado, não incluindo o volume dos poros permeáveis à água ou ao asfalto.

- **Parâmetros Volumétricos Secundários**

Os parâmetros volumétricos secundários (ou propriedades volumétricas das misturas), o  $V_v$ , VAM e RBV, são obtidos com base nos parâmetros volumétricos primários.

$V_v$ : Volume de vazios, é o volume de ar ( $V_{ar}$ ) existente entre as partículas do agregado envoltas pelo filme de asfalto, expresso como uma porcentagem do volume total da mistura compactada;

VAM: Vazios do agregado mineral, é a soma do volume de vazios ( $V_v$ ) e do volume de asfalto efetivo ( $V_{be}$ ), expresso como uma porcentagem do volume total da mistura compactada;

RBV: Relação betume-vazios, é o grau de preenchimento do VAM por asfalto, expresso em porcentagem.

Segundo Kandhal et al (1998), o VAM obtido para misturas densas dosadas pelo método Marshall é o mínimo requisitado pelo Superpave. A especificação de VAM mínimo visa garantir a durabilidade da mistura, através de uma quantidade mínima de asfalto na mesma. No entanto, a durabilidade de misturas asfálticas está estreitamente ligada à espessura da película de ligante asfáltico que recobre o agregado. Sendo assim, o VAM mínimo deveria ser baseado na espessura de película de asfalto que recobre os agregados, pois a espessura varia de acordo com a graduação da mistura.

Segundo Roberts et al (1991) a espessura de ligante asfáltico pode ser determinada da seguinte forma:

$$T_F = \frac{V_{bef}}{AS \times Ma} \times 1000 \quad (2.1)$$

Onde:

$T_F$  : Espessura do filme de ligante asfáltico( $\mu\text{m}$ )

$V_{bef}$ : Volume efetivo de ligante asfáltico ( $\text{cm}^3$ );

AS : Área superficial de agregado ( $\text{m}^2/\text{Kg}$ );

Ma : Massa do agregado na mistura (g);

O RBV é definido como sendo a porcentagem de VAM que contém asfalto. O RBV afeta a durabilidade e a flexibilidade do revestimento asfáltico e, portanto, as misturas asfálticas devem se enquadrar numa faixa de RBV para a garantia de uma quantidade suficiente de asfalto que assegure uma adequada película de asfalto recobrando as partículas de agregado, de forma a evitar o envelhecimento e endurecimento, mas sem excesso, pois ligante demais também é prejudicial a mistura, além de aumentar o custo.

Geralmente o valor ótimo de RBV é atingido quando a mistura se enquadra nos valores de VAM especificados em função do diâmetro máximo nominal. Misturas com RBV menor que 65% podem levar ao endurecimento prematuro ou excessivo de misturas asfálticas projetadas para rodovias com volume de tráfego médio a alto, causando trincas por fadiga e desgaste do revestimento asfáltico. Já misturas com RBV maior que 85% são propensas à exsudação, corrugação e deformação permanente.

Uma partícula de agregado possui vazios superficiais e vazios internos, assim como as misturas asfálticas, definindo-se a densidade aparente do agregado  $\rho_{ap}$ , como a razão entre a massa seca do agregado,  $M_a$ , pelo seu volume aparente, conforme equação 2.2. O volume aparente da partícula de agregado,  $V_{ap}$ , inclui o volume dos vazios superficiais permeáveis à água e ao asfalto, assim como os vazios internos (vazios impermeáveis).

$$\rho_{ap} = \frac{M_a}{V_{ap}} \quad (2.2)$$

Para a mistura asfáltica, a densidade aparente da mistura,  $D_a$  é a massa da mistura,  $M_t$ , dividida por seu volume aparente, como apresentado na equação 2.3:

$$D_a = \frac{M_t}{V_{ap}} \quad (2.3)$$

A densidade real do agregado,  $\rho_r$ , corresponde à razão entre a massa seca da partícula,  $M_a$ , pelo seu volume real (Equação 2.4). O volume real  $V_r$ , inclui os vazios impermeáveis somente, ou seja, não inclui o volume de qualquer poro ou capilar que se encontre preenchido com água após 24 horas de imersão (vazios permeáveis), por definição.

$$\rho_r = \frac{M_a}{V_r} \quad (2.4)$$

A densidade máxima teórica da mistura, DMT é a razão entre a massa total da mistura,  $M_t$ , que compreende a soma das massas do asfalto e do agregado utilizados na mistura pelo volume dos sólidos,  $V_s$ , que corresponde ao volume do agregado mais o volume do asfalto na mistura. O volume dos sólidos é calculado utilizando as densidades dos constituintes da mistura.

$$DMT = \frac{M_t}{V_s} \quad (2.5)$$

A densidade efetiva do agregado,  $\rho_{ef}$ , é a razão entre a massa seca do agregado,  $M_a$ , pelo seu volume efetivo, como mostra a Equação 2.6. O volume efetivo da partícula do agregado,  $V_{ef}$ , inclui o volume dos vazios superficiais permeáveis à água mas não asfalto, assim como os vazios internos (vazios impermeáveis).

$$\rho_{ef} = \frac{M_a}{V_{ef}} \quad (2.6)$$

A DMM, que é a razão dimensional entre a massa total da mistura,  $M_t$ , que compreende a soma das massas do asfalto e do agregado utilizadas na mistura, pelo volume dos sólidos efetivo,  $V_{sef}$ , que corresponde ao volume efetivo do agregado mais o volume do asfalto na mistura.

$$DMM = \frac{M_t}{V_{sef}} \quad (2.7)$$

### 2.1.1.1 Misturas Densas e Contínuas

Estas Misturas têm como características apresentar baixos valores de volume de vazios (em torno de 4%) e uma distribuição contendo todas as frações de agregados em sua curva de distribuição granulométrica sem mudanças de curvatura.

O Departamento Nacional de Infra-Estrutura de transportes (DNIT) adota basicamente dois tipos de misturas densas e contínua a quente, denominadas de Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) e Areia Asfáltica Usinada a Quente (AAUQ). A tabela (2.1) apresenta as faixas granulométricas do CBUQ. ESP-313/97 – DNER, CBUQ ESP-031/2006 – DNIT, que substituiu a anterior e AAUQ.

**Tabela 2.1** Faixas do DNER/DNIT para CBUQ, e para AAUQ

<b>CBUQ ESP - 313/97</b>					
<b>Peneira de malha quadrada</b>		<b>% passando, em peso das faixas</b>			
Discriminação	Abertura (mm)	A	B	C	Tolerâncias fixas de projeto
2"		100	-	-	-
1 1/2"	38,1	95-100	100	-	±7%
1"	25,4	75-100	95-100	-	±7%
3/4"	19,1	60-90	80-100	100	±7%
1/2"	12,7	-	-	85-100	±7%
3/8"	9,5	35-65	45-80	75-100	±7%
Nº 4	4,8	25-50	28-60	50-85	±5%
Nº 10	2,0	20-40	20-45	30-75	±5%
Nº 40	0,42	10-30	10-32	15-40	±5%
Nº 80	0,18	5-20	8-20	8-30	±2%
Nº 200	0,074	1-8	3-8	5-10	±2%

<b>CBUQ ESP - 031/2006</b>					
<b>Peneira de malha quadrada</b>		<b>% passando, em peso das faixas</b>			
Discriminação	Abertura (mm)	A	B	C	Tolerâncias fixas de projeto
2"	50,8	100	-	-	-
1 1/2"	38,1	95-100	100	-	±7%
1"	25,4	75-100	95-100	-	±7%
3/4"	19,1	60-90	80-100	100	±7%
1/2"	12,7	-	-	80-100	±7%
3/8"	9,5	35-65	45-80	70-90	±7%
Nº 4	4,8	25-50	28-60	44-72	±5%
Nº 10	2,0	20-40	20-45	22-50	±5%
Nº 40	0,42	10-30	10-32	8-26	±5%
Nº 80	0,18	5-20	8-20	4-16	±3%
Nº 200	0,074	1-8	3-8	2-10	±2%

<i>AAUQ</i>					
<i>Peneira de malha quadrada</i>		<i>% passando, em peso das faixas</i>			
Discriminação	Abertura (mm)	A	B	C	Tolerâncias fixas de projeto
Nº 4	4,8	100	100	100	±5%
Nº 10	2,0	90-100	90-100	85-100	±5%
Nº 40	0,42	40-90	30-95	25-100	±5%
Nº 80	0,18	10-47	5-60	0-62	±3%
Nº 200	0,075	0-7	0-10	0-12	±2%

No trabalho realizado por Soares et al (2000) foram testadas granulometrias nas três faixas (A, B e C) de CBUQ do DNIT com CAP de diferentes viscosidades. As misturas na faixa C apresentam as maiores resistências e valores da razão entre módulo de resiliência (MR) e resistência à tração (RT) mais próximo de 3.000. Essa razão já havia sido apontada como um padrão para misturas na faixa C produzidas com o cimento asfáltico de petróleo (CAP) proveniente do petróleo Bachaquero. Segundo Coelho e Sória (1995), que compararam granulometrias nas faixas B e C, do DNIT, misturas nas duas faixas apresentaram bons resultados de resistência a deformação permanente, sendo as misturas na faixa B, porém, de pior trabalhabilidade, apesar de existirem vários traços no Brasil nessa faixa sem problemas.

O SUPERPAVE usa uma modificação da abordagem tradicional brasileira para especificar a granulometria e usa uma escala de representação gráfica mostrada como exemplo na Figura 2.4 que se refere à potência de 0,45.

O SUPERPAVE usa o conjunto de peneiras ASTM e segue as seguintes definições de tamanho de agregado.

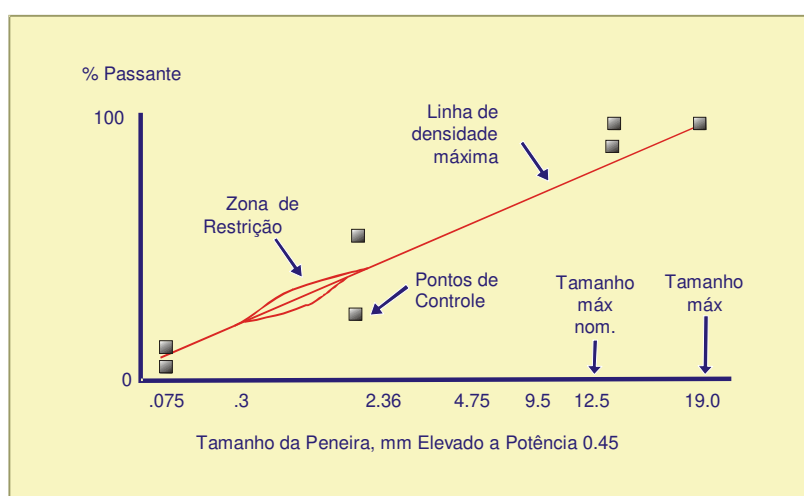
- Tamanho máximo: um tamanho de peneira maior do que o tamanho nominal máximo.
- Tamanho nominal máximo: um tamanho de peneira maior do que a primeira peneira que retém mais do que 10%.

O projeto de estrutura do agregado (esqueleto mineral) é o termo freqüentemente usado para designar a distribuição de freqüência cumulativa de partículas de agregado. Um projeto de estrutura de agregado, que passa pelos pontos de controle e evita a zona restrita, atende o requisito Superpave no tocante a granulometria.

**Tabela 2.2.** Designações de misturas SUPERPAVE

<b>TABELA DESIGNAÇÕES DE MISTURAS SUPERPAVE</b>			
Designação Superpave	Tamanho Nominal Máximo, mm	Tamanho Máximo, mm	
37,5 mm	37,5	50	
25 mm	25	37,5	
19 mm	19	25	
12,5 mm	12,5	19	
9,5 mm	9,5	12,5	

A figura 2.4 ilustra os pontos de controle e zona restrita para uma mistura Superpave de 12,5 mm.

**Figura 2.4:** Mistura SUPERPAVE de PTMN 12,50 mm

O SUPERPAVE recomenda, mas não obriga, que as misturas possuam granulometria abaixo da zona de restrição. Também recomenda que, à medida que o volume de tráfego aumenta, as granulometrias se aproximem dos pontos de controle grossos. Além disso, os requisitos de controle de granulometria do SUPERPAVE não foram concebidos para serem aplicados em tipos especiais de misturas tais como misturas abertas.

### Zona de Restrição

A zona de restrição (ZR) foi proposta a fim de evitar que uma quantidade excessiva de areia natural seja usada na mistura, além de assegurar que um mínimo de vazios no agregado mineral (VAM) seja atingido.

A ZR vem sendo foco de diversos estudos nos últimos anos, devido, principalmente, aos questionamentos sobre a eficiência da mesma. As diretrizes apontadas pelo Superpave para



agregados foram resultado do conhecimento de 14 especialistas, conhecidos como *Aggregate Expert Task Group*, e não de uma pesquisa laboratorial extensiva. Isso ocorreu devido ao foco dado pela pesquisa SHRP ao desenvolvimento de testes e especificações para ligantes asfálticos, bem como para dosagem das misturas, sem muito tempo para estudo dos agregados, que variam muito na natureza.

Sebaaly et al (1997) analisaram misturas com quatro diferentes graduações: uma cima da ZR (AZR), uma através da ZR (TZR) e duas abaixo (BZR). Hand et al (2001) estudaram misturas com três diferentes granulometrias (AZR, TZR E BZR), dois tamanhos máximos nominais (9,5 e 19mm), dois agregados graúdos (calcário e granito) e três agregados miúdos (areia natural, calcário e granito). Kandhal e Mallick (2001) avaliaram três granulometrias (AZR, TZR e BZR), dois tamanhos máximos nominais (12,5 e 19mm) e três diferentes tipos de agregados (granito, calcário e cascalho). Chowdhury et al (2001) avaliaram o comportamento mecânico de misturas com três diferentes granulometrias (AZR, TZR e BZR) e quatro diferentes agregados (cascalho, granito, calcário e areia natural), não sendo mencionado o tamanho máximo nominal das mesmas. Kandhal e Cooley Jr. (2002a) analisaram misturas acima e abaixo da zona de restrição (AZR e BZR), tendo ainda como variantes: dois tamanhos máximos nominais (9,5 e 19mm), dois tipos de agregados graúdo (granito e pedregulho britado) e quatro tipos de agregados miúdo (areia, calcário, granito e diabásio). Zhang et al (2004) investigaram a distribuição granulométrica de quatro misturas que já haviam sido aplicadas em rodovias de alto volume de tráfego no Alabama, todas elas passando abaixo da ZR (por ser uma exigência do departamento de transportes daquele estado).

Num balanço das informações dos trabalhos mencionados, observa-se que a ZR é um fator ineficiente na definição da granulometria da mistura a ser adotada. O comportamento mecânico das misturas asfálticas em laboratório mostrou-se bastante sensível ao tipo de equipamento adotado para análise das mesmas. As características dos materiais utilizados, em especial os agregados, também é fator importante no desempenho dessas misturas. Dos trabalhos citados, os três tipos de granulometria (AZR, TZR e BZR) podem apresentar melhor comportamento mecânico em relação uns aos outros, a depender dos testes escolhidos para análise e dos materiais adotados.

Nas figuras 2.5 a 2.9 estão relacionados as seis faixas granulométricas de misturas asfálticas por TMN adotadas pelo SUPERPAVE.

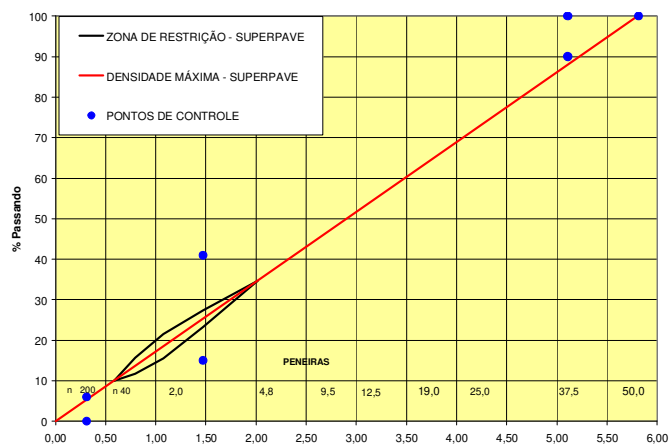


Figura 2.5: Tamanho nominal de 37,5mm

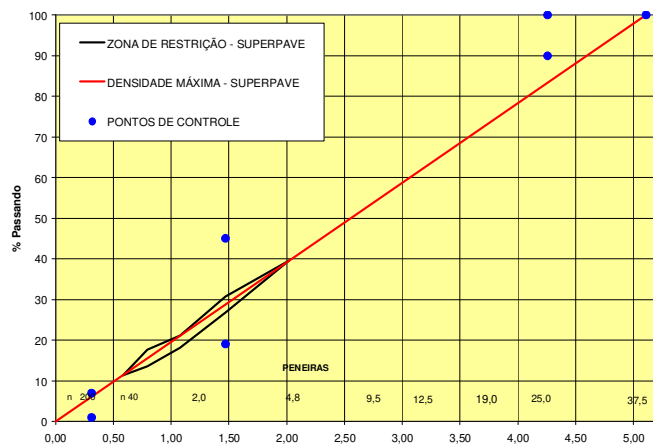


Figura 2.6: Tamanho nominal de 25,0mm

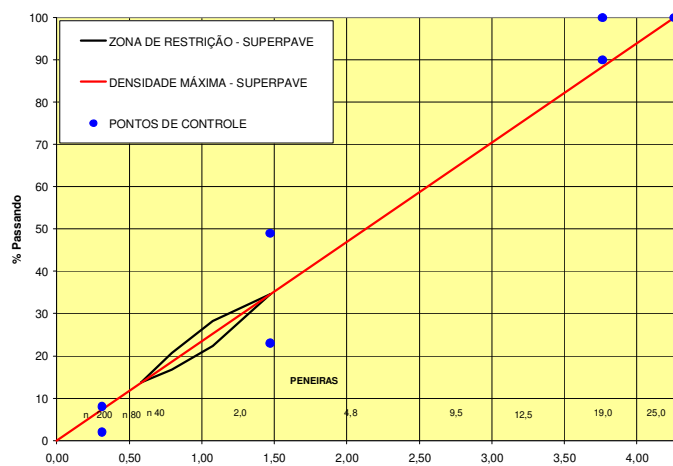


Figura 2.7: Tamanho nominal de 19,0mm

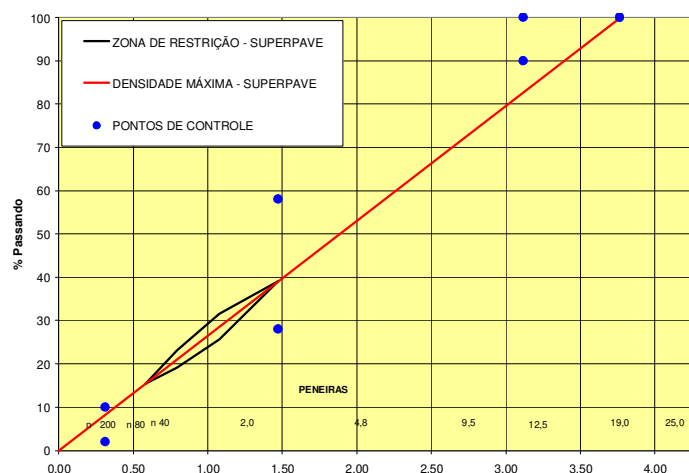


Figura 2.8: Tamanho nominal de 12,5mm

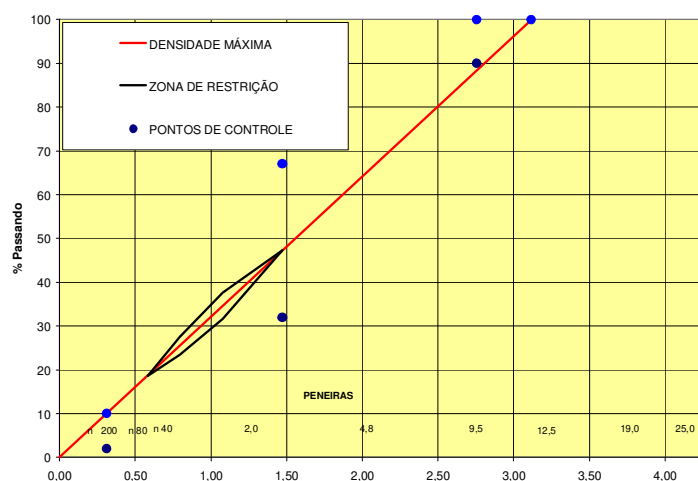


Figura 2.9: Tamanho nominal de 9,5mm

### 2.1.1.2 Método Bailey para Seleção de Granulometrias Densas e Contínuas

O Método Bailey foi desenvolvido pelo engenheiro Robert Bailey, do Departamento de Transportes de Illinois (IDOT), e vem sendo usado desde o início da década de 80. Vavrik et al (2000, 2000<sub>a</sub>, 2001 e 2002<sub>b</sub>), vêm refinando o método fazendo com que ele se torne aplicável, a qualquer mistura, independentemente do tamanho máximo do agregado.

O método contém ferramentas que permitem a avaliação da combinação de agregados para melhor compreensão da relação entre a granulometria e as propriedades da mistura. A otimização dos vazios e do intertravamento entre os agregados irá promover misturas

resistentes à deformação permanente. Dessa forma, o método tenta adequar as vantagens das misturas densas com as vantagens das misturas descontínuas (CUNHA et al, 2004). O intertravamento dos agregados graúdos é quantificado através dos ensaios de massa específica solta e compactada.

Segundo Vavrik et al (2001), o método Bailey consiste basicamente de quatro etapas:

- avaliação dos vazios dos agregados graúdos e miúdos individualmente;
- definição da peneira de divisão entre agregado graúdo e agregado miúdo;
- avaliação da proporção de diferentes tamanhos de partículas de agregados;
- avaliação dos agregados individuais e das combinações de agregados por volume.

Para a aplicação do método é necessário definir as porções de agregados (graúdo, miúdos, proporção graúda do agregado miúdo, proporção fina do agregado miúdo), conforme roteiro a seguir:

- **Determinação da Peneira de Tamanho Máximo Nominal (PTMN):**

É a primeira peneira acima da qual se retém mais de 10% dos agregados.

- **Determinação da Primeira Peneira de Controle (PPC):**

É a peneira que divide o agregado em graúdo, a porção retida nesta e, miúdo, a porção que passa nesta.

$$PPC = PTMN \times 0,22 \quad (2.8)$$

- **Determinação da Segunda Peneira de Controle (SPC):**

É a peneira que divide o agregado miúdo em duas porções:

- acima da SPC: fração graúda do agregado miúdo
- abaixo da SPC: fração fina do agregado miúdo

$$SPC = PPC \times 0,22 \quad (2.9)$$

- **Determinação da Terceira Peneira de Controle (TPC):**

É utilizada para a avaliação da fração fina do agregado miúdo.

$$\text{TPC} = \text{SPC} \times 0,22 \quad (2.10)$$

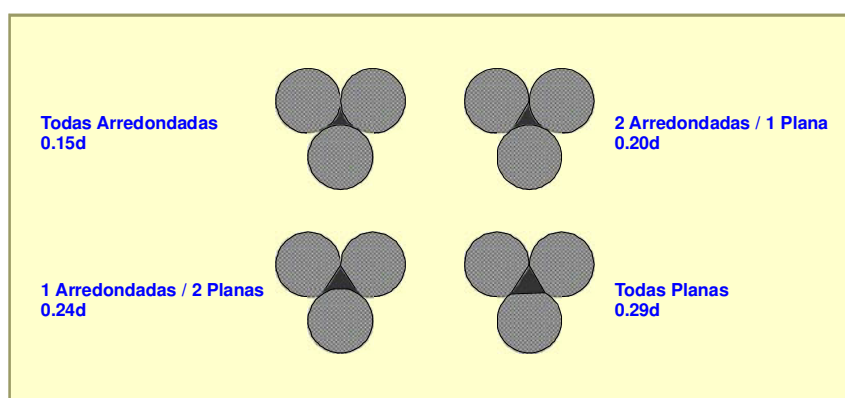
- **Determinação da Primeira Metade (PM):**

É a peneira que divide o agregado graúdo em duas partes:

- acima da PM: fração graúda do agregado graúdo
- abaixo de PM: fração fina do agregado graúdo

$$\text{PM} = \text{PTMN} \times 0,50 \quad (2.11)$$

O fator de 0,22 usado na equação foi determinado empiricamente, conforme abordado em Vavrik et al (2001). O tamanho do espaço existente entre as partículas de agregado graúdo depende da forma e tamanho das partículas. Quando todas as faces dos agregados são circulares, o espaço existente entre estes é 0,15 vezes o diâmetro (0,15d) e quando todas as faces são planas esse espaço é de 0,29d, conforme ilustrado na Figura 2.10. O fator de 0,22 é uma média das quatro condições descritas na figura.



**Figura 2.10:** Combinação do Formato de Partículas e os vazios resultantes (Fontes: VAVRIK et al, 2001)

A Figura 2.11, ilustra o esquema das peneiras definidas pelo método Bailey além das fórmulas para o cálculo das mesmas e os exemplos para combinação de agregados com PTMN de 37,5 mm, 25,0 mm, 19,0 mm, 12,5mm, 9,5 mm e 4,75 mm.

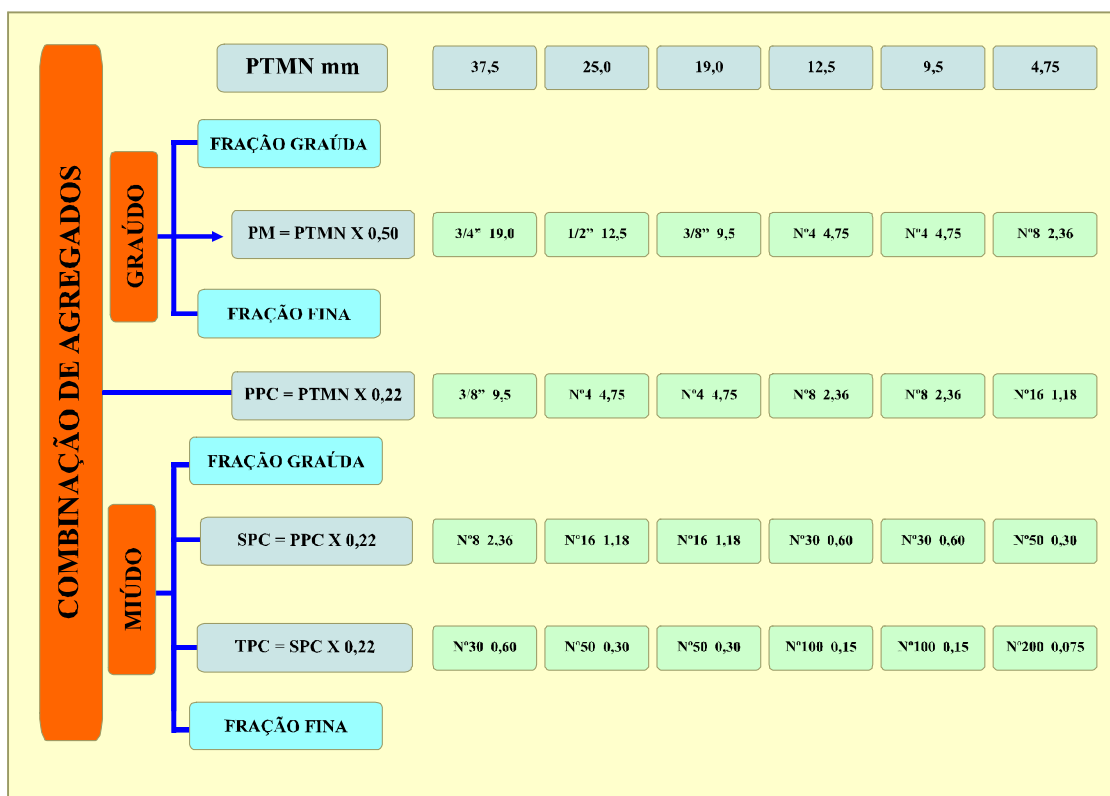


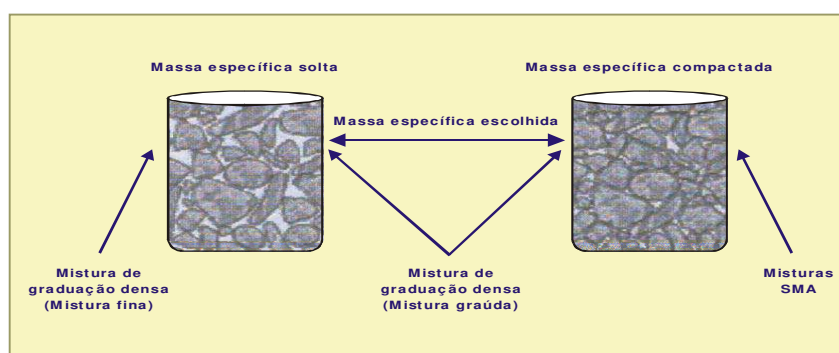
Figura 2.11: Esquema das peneiras definidas pelo Método Bailey

Após a determinação das peneiras de controle e definição das frações graúda e miúda, prossegue-se com a combinação dos agregados por volume. É comum a utilização da combinação de agregados pela massa, porém, segundo Vavrik et al (2002), esse tipo de combinação não oferece ao projetista as informações necessárias para avaliação do grau de intertravamento entre os agregados. Esse fato se deve as diferentes massas específicas dos materiais utilizados produzirem diferentes quantidades volumétricas de cada tamanho da partícula com uma mesma massa.

Antes que a combinação de agregados seja feita por volume, algumas informações adicionais são necessárias. Para cada um dos agregados graúdos que estão sendo utilizados na mistura é necessária a determinação da massa específica solta e compactada, e para os agregados miúdos apenas a massa específica compactada é necessária. Vavrik et al (2001) descreve o procedimento para determinação da massa específica solta e compactada dos agregados, conforme resumido a seguir.

A massa específica solta é obtida despejando-se material em um recipiente, de volume conhecido, de pelo menos dez vezes o seu tamanho máximo nominal, a fim de minimizar os

efeitos dos cantos nos vazios entre os grãos, até preenchê-lo completamente. De posse da massa necessária para preencher o referido recipiente, obtêm-se a massa específica solta do material. A massa específica compactada é determinada quando o agregado é colocado dentro do recipiente em três camadas, cada uma sendo compactada 25 vezes. Após a compactação da terceira camada, o material que está excedendo o volume do recipiente é retirado e a massa dos agregados que o preencheu é determinada. De posse dessa massa e do volume do recipiente, determina-se a massa específica compactada. Ambas as massas específicas devem ser determinadas para cada agregado a ser utilizado na mistura separadamente. As normas AASHTO T19 e ASTM C 29 descrevem todo o procedimento do ensaio. A Figura 2.12 ilustra o esquema da escolha da massa específica a ser adotada para o agregado graúdo (VAVRIK et al, 2002a apud CUNHA et al, 2004).



**Figura 2.12:** Esquema da metodologia para seleção da massa específica escolhida para os agregados graúdos (Fonte: adaptada de VAVRIK et al, 2002a apud CUNHA et al, 2004)

Segundo Vavrik et al (2002a apud CUNHA et al, 2004), a porcentagem da massa específica escolhida deve ficar entre 95 e 105% da massa específica solta. Valores acima de 105% podem dificultar a compactação em campo e aumentar a probabilidade de degradação dos agregados, e valores abaixo de 90% podem resultar em misturas sem o intertravamento do agregado graúdo.

Os Parâmetros do Método Bailey estão definidos pelas equações 2.12, 2.13 e 2.14.

- **Proporção de Agregado Graúdo (PAG)**

$$PAG = \frac{\%PassantePM - \%PassantePPC}{100\% - PassantePM} \quad (2.12)$$

A PAG é utilizada para descrever os vazios da porção graúda da graduação de agregados. Para misturas densas essa proporção deve estar entre 0,40 e 0,80 para assegurar balanceamento na estrutura da fração graúda. Baixos valores de PAG permitem que os agregados abaixo da PPC sejam compactados de forma mais fácil que no caso de altos valores. Uma mistura que apresenta baixos valores de PPC necessita de uma estrutura resistente de agregado fino e de graduação mais aberta para manter vazios suficientes. Misturas com baixos valores de PAG tendem ainda a segregar durante a construção. Valores próximos a 1,00 podem ser difíceis de compactar em campo, devido a tendência de se moverem durante a passagem do rolo compactador. Quando o valor de PAG excede 1,00 a proporção fina do agregado graúdo (entre a PM e a PPC) começa a controlar a formação do esqueleto do agregado graúdo.

- **Proporção Graúda do Agregado Miúdo (PGAM)**

$$PGAM = \frac{\%PassanteSPC}{\%PassantePPC} \quad (2.13)$$

A PGAM é adotada para estimar os vazios da fração graúda do agregado miúdo. O desejado é que essa proporção fique abaixo de 0,50, pois valores mais altos indicam um excesso de fração fina do agregado miúdo na mistura, podendo não ser adequada sob o ponto de vista estrutural. A PGAM tem um impacto considerável nos vazios no agregado mineral (VAM) da mistura, devido à criação de vazios no agregado miúdo. O VAM da mistura aumenta com o aumento da PGAM. Segundo Vavrik et al (2002) essa proporção pode também tornar-se baixa a ponto de criar uma graduação não uniforme. Essa não-uniformidade pode causar instabilidade e levar a problemas de compactação.

- **Proporção Fina do Agregado Miúdo (PFAM)**

$$PFAM = \frac{\%PassanteTPC}{\%PassanteSPC} \quad (2.14)$$

A PFAM é utilizada para avaliar a granulometria com relação às características dos vazios da menor porção da mistura de agregados. Assim como na PGAM, o valor da PFAM deve ser inferior a 0,50 para misturas densas típicas. Vavrik et al (2001) limitam esses valores entre 0,25 e 0,50. Os vazios no agregado mineral aumentam com a diminuição da PFAM.



Para cada uma dessas proporções são recomendadas faixas de valores em função do diâmetro máximo nominal da mistura, conforme ilustrado na Tabela 2.3. Os valores dados para as três proporções são baseados em dosagens de misturas densas.

**Tabela 2.3:** Faixas recomendadas para as três proporções de agregados (VAVRIK et al, 2002a apud CUNHA et al, 2004)

	<b>Peneira Diâmetro Máximo Nominal (DMN), em mm</b>					
	<b>37,5</b>	<b>25,0</b>	<b>19,0</b>	<b>12,5</b>	<b>9,5</b>	<b>4,75</b>
<b>PAG</b>	0,80-0,95	0,70-0,85	0,60-0,75	0,50-0,65	0,40-0,55	0,30-0,45
<b>PGAM</b>	0,35-0,50	0,35-0,50	0,35-0,50	0,35-0,50	0,35-0,50	0,35-0,50
<b>PFAM</b>	0,35-0,50	0,35-0,50	0,35-0,50	0,35-0,50	0,35-0,50	0,35-0,50

### 2.1.1.3 Mistura Descontínuas Stone Matrix Asphalt (SMA)

A mistura asfáltica SMA (Stone Matrix Asphalt ou Stone Mastic Asphalt), assim denominada em outros países, foi originada na Alemanha no final da década de 1960 sob a denominação de “Splittmastixasphalt”, com o objetivo principal de reduzir o desgaste superficial, principalmente pelo polimento dos agregados minerais causados pelo atrito pneu/revestimento, e também as deformações permanentes nos pavimentos asfálticos.

Os EUA iniciaram a utilização do SMA na década de 90, época em que houve um grande aumento na utilização desse tipo de revestimento. As experiências obtidas nos países europeus serviram de exemplo para os procedimentos adotados nos EUA e grande parte das misturas, até o fim dessa década, apresentavam tamanho máximo nominal de 12,5 ou 19mm.

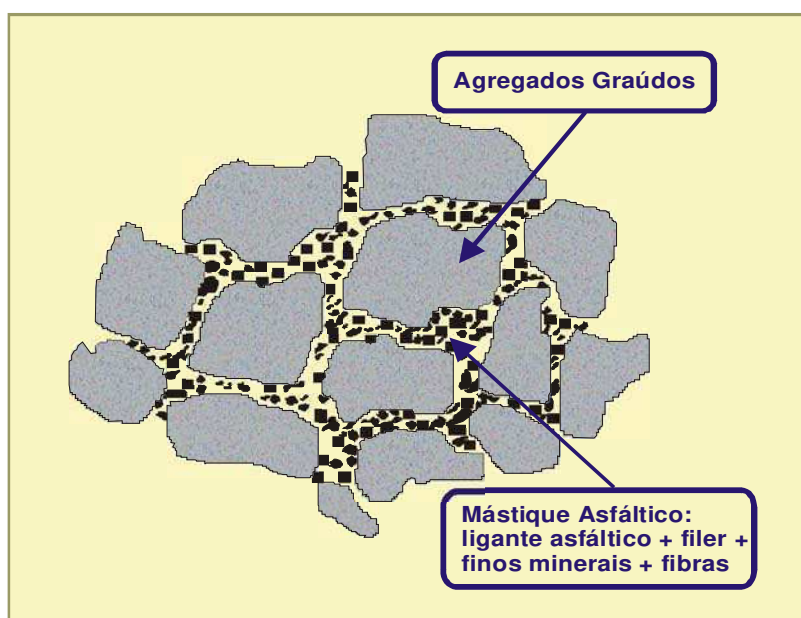
No Brasil ainda não é prática corriqueira a utilização desse tipo de mistura. Universidades e algumas empresas privadas já apresentam resultados de pesquisas experimentais de campo e de laboratório (REIS et al, 2002; MOURÃO 2003; REIS, 2004).

No Brasil, pioneiramente, foi construída a pista do autódromo de Interlagos em fevereiro de 2000 empregando-se o SMA (BELIGNI, et al, 2000). Em agosto de 2001 foi construído trecho experimental de SMA na Via Anchieta, rodovia que interliga São Paulo a Santos. O trecho foi executado na curva mais fechada e perigosa da via, conhecida por curva da onça. Resultado do projeto da mistura, execução e avaliação de desempenho encontram-se em Reis

et al (2002). Em novembro de 2006, no estado do Ceará foi construído um trecho de 30km de SMA na BR-116, rodovia que liga Fortaleza ao município de Pacajus.

O Departamento de Estradas de rodagem, do Estado de São Paulo, emitiu em Fevereiro de 2007, a especificação código ET-DE-P00/031, para os concretos asfálticos tipo SMA, com objetivo de definir os critérios que orientam os processos de produção, execução, aceitação e medição dos serviços de concreto asfáltico tipo SMA, em obras rodoviárias sob a jurisdição do DER/SP.

O SMA consiste basicamente de duas frações: agregado graúdo e um elevado teor de mástique, que é formado tipicamente por agregado miúdo, filer mineral, ligante asfáltico e fibras. O esqueleto mineral composto de agregado graúdo fornece à mistura um elevado intertravamento entre os grãos, de forma que a mistura ganha em resistência (a proporção de agregados graúdos é superior à proporção dos mesmos nas misturas densas e contínuas), enquanto o elevado teor de mástique fornece a mistura maior durabilidade. Na figura 2.13 está esquematicamente ilustrado este conceito).



**Figura 2.13:** Detalhe do esqueleto mineral da mistura SMA

O percentual de agregado graúdo, neste caso considerado o retido na peneira N° 4, em misturas SMA gira em torno de 70 – 80% em peso da mistura, formando uma mistura de granulometria descontínua. Esse elevado percentual de agregado graúdo faz com que surja um

alto teor de vazios entre as partículas desses agregados maiores, que são, posteriormente, preenchidos pelo mástique. Diversos autores citam a importância de assegurar um limite para o percentual de material passante na peneira N° 4 (4,75mm) a fim de garantir o intertravamento entre os agregados. O valor de 30% foi atribuído como limite máximo de material passante nessa peneira, visto que esse percentual é tido como o ponto no qual o VAM começa a aumentar, definindo assim a condição na qual o intertravamento entre os agregados passa a ocorrer (BROWN et al, 1997a). Existem estudos porém, onde esse valor é ultrapassado, conforme mencionado no trabalho de Brown et al (1997b), em que foram analisados 86 projetos de SMA nos EUA e o material passante na peneira de 4,75 mm chegou a 35%.

Exigências são feitas também para seleção da fração miúda a compor a mistura de SMA, apesar desta aparecer em menor proporção. Segundo Napa (1999 apud REIS, 2004), pelo menos 90% da fração fina de agregados deve ser composta por material granular com duas faces britadas.

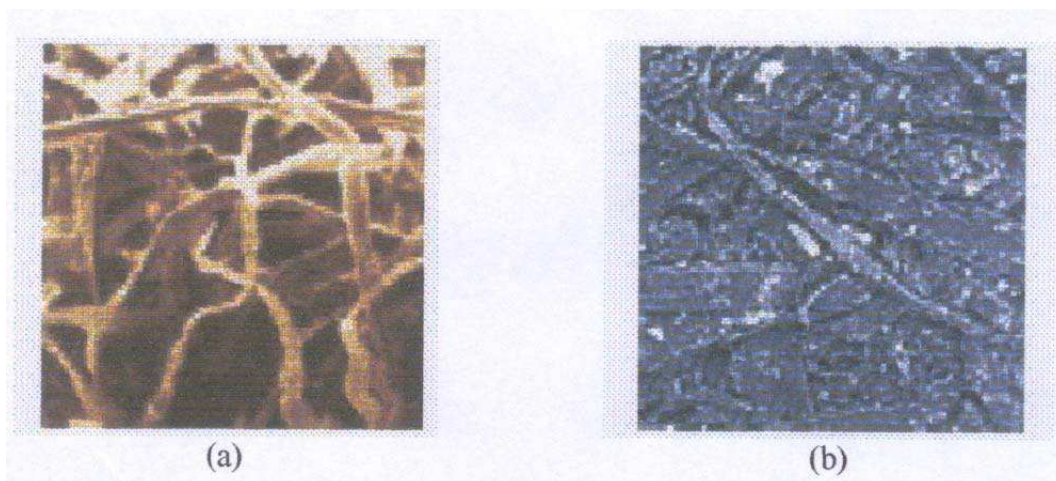
Existe normalmente a necessidade de utilização de fibras, que podem ser de celulose (orgânica), vidro (inorgânica), ou material mineral. As fibras atuam de forma a evitar a segregação das misturas, quando essas são impostas às elevadas temperaturas de usinagem e compactação, além de possibilitar que a mistura seja submetida a baixas temperaturas sem sofrer degradação (LANCHAS, 1999).

As fibras de celulose são quimicamente inertes, de forma que não modificam o ligante. Porém, existe uma tendência das mesmas aumentarem a viscosidade do ligante evitando que este escorra do agregado antes da compactação (HORST, 2000 apud MOURÃO, 2003). A fibra de celulose tem ainda a vantagem de ser mais econômica, visto ser obtida a partir de uma fonte renovável. Essas fibras podem vir em forma de *peletes*, onde parte deste é composto de fibra e parte de ligante asfáltico. As fibras quando não impregnadas com ligante não conseguem se dispersar na mistura devido as mesmas serem fortemente unidas. Estas quando estão impregnadas com ligante apresentam, além da facilidade de dispersão, as seguintes vantagens segundo Mourão (2003):

- inodora e livre de pó;
- insensibilidade à umidade;

- facilidade de dosagem;
- produção de mistura mais homogênea.

A Figura 2.14 ilustra as fibras de celulose sem ligante e quando impregnadas com ligante.



**Figura 2.14:** Fibra de celulose (a) sem ligante e (b) impregnada com ligante (Fonte: JRS, s/d apud MOURÃO, 2003).

O SMA é uma mistura rica em ligante asfáltico devido à sua constituição granulométrica particular, com um consumo de ligante em geral entre 6 e 7%, segundo Lanchas (1999) e Reis et al (2002), e 6,5 e 8,0% segundo Mourão (2003). Esse maior teor de CAP proporciona um filme de ligante mais espesso no recobrimento dos agregados, aumentando a resistência do revestimento à fadiga, ao desgaste e ao envelhecimento. No trabalho realizado por Mourão (2003), é citado que o ligante convencional CAP 50/60 pode ser viável tecnicamente, além de ser uma opção mais econômica. Reis et al (2002), porém, acreditam que a adição de polímeros seja um dos pontos requeridos para que o SMA tenha sucesso no Brasil.

A mistura SMA reúne as seguintes características (EAPA, 1998; HORST, 2000):

- Boa estabilidade a elevadas temperaturas;
- Boa flexibilidade a baixas temperaturas;
- Elevada resistência ao desgaste;
- Elevada adesividade entre os agregados minerais e o ligante;
- Boa resistência a derrapagem devido à macro-textura da superfície de rolamento;
- Redução do “spray” ou borrifo de água;
- Redução do nível de ruído.

A mistura asfáltica SMA tem provado ser excelente opção para vias de tráfego pesado, entre outras utilizações, como:

- Vias com alta frequência de caminhões;
- Interseções;
- Em áreas de carregamento e descarregamento de cargas;
- Em rampas, pontes, paradas de ônibus, faixa de ônibus;
- Pistas de aeroporto;
- Estacionamentos;
- Portos.

### **O SMA nos estados Unidos da América**

Presente desde 1991, o SMA vem sendo, desde então, muito usado em vários estados norte americanos, e em várias centenas de projetos, tornando-o muito comum. Wisconsin foi o primeiro lugar norte americano a receber aplicação de SMA, seguidos de Michigan, Geórgia e Missouri, todas em 1991. Desde então mais de 4 milhões de toneladas de SMA foram aplicadas até 2002 (NAPA, 2002). Seu campo de aplicação é em camada de rolamento para pavimentos de tráfego pesado. Geralmente o SMA 0/12,5 é usado.

Até 1998 não existia nenhuma especificação própria americana para o projeto de misturas asfálticas SMA, o que se tinha eram recomendações provindas da prática européia. Porém em 2001 a AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) publicou uma especificação provisória para o cálculo da mistura asfáltica SMA denominada AASHTO MP8-01. Em 2002 a NAPA (National Asphalt Pavemente Association) revisou um guia feito por ela em 1999 que trata sobre técnicas de cálculo e construção de pavimentos asfálticos SMA. Nas Tabelas 2.4 a 2.9 são mostradas algumas especificações referentes a estas normas.

**Tabela 2.4:** Especificação para o agregado graúdo para uso em SMA nos EUA (AASHTO MP8-01, NAPA, 2002)

<b>QUALIDADES NECESSÁRIAS PARA O AGREGADO GRAÚDO</b>		
<b>Ensaio</b>	<b>Especificação Mínima</b>	<b>Especificação Máxima</b>
Abrasão Los Angeles – perda (%)	-	30
Partículas Alongadas e Achatadas (%)		
3:1	-	20
5:1	-	5
Absorção (%)	-	2,0
Sanidade – 5 Ciclos (%)		
Sulfato de Sódio	-	15
Sulfato de Magnésio	-	20
Agregado Britado (%)		
Uma Face Fraturada	100	-
Duas Faces Fraturadas	90	-

Os agregados graúdos e miúdos devem ser 100% britados. Agregados com alto valor de abrasão Los Angeles maiores que 30%, podem gerar problemas de decomposição da mistura quando compactada em laboratório ou durante a compactação em campo.

**Tabela 2.5:** Especificações para o agregado miúdo, para uso em SMA nos EUA (AASHTO MP8-01, NAPA, 2002)

<b>QUALIDADES NECESSÁRIAS PARA O AGREGADO MIÚDO</b>		
<b>Ensaio</b>	<b>Especificação Mínima</b>	<b>Especificação Máxima</b>
Sanidade – 5 Ciclos (%)		
Sulfato de Sódio	-	15
Sulfato de Magnésio	-	20
Angularidade (%)	-	45
Limite de Liquidez (%)	-	25
Índice de Plasticidade (%)	Não Plástico	

**Tabela 2.6:** Especificações necessárias para a fibra de celulose para uso em SMA nos EUA (AASHTO MP8-01)

<b>QUALIDADES NECESSÁRIAS PARA FIBRA DE CELULOSE</b>	
<b>Propriedades</b>	<b>Especificação</b>
Análise com Peneiras	
Método A – Análise com Peneira Alpina	
Comprimento da Fibra – máximo	6 mm
Passante na Peneira n° 100 (0,150 mm)	70 ± 10%
Método B – Análise com Peneira de Malha Quadrada	
Comprimento da Fibra – máximo	6 mm
Passante na Peneira n.º 20 (0,850 mm)	85 ± 10%
Passante na Peneira n.º 40 (0,425 mm)	65 ± 10%
Passante na Peneira n.º 140 (0,106 mm)	30 ± 10%
Teor de Cinzas	18 ± 5% não voláteis
PH	7,5 ± 1,0
Absorção de Óleo	5,0 ± 1,0 (vezes a massa de fibras)
Teor de Umidade	Menos de 5% (de massa)

O teor de fibra de celulose, segundo a AASHTO MP8-01, deve ser aproximadamente 0,3% do peso total da mistura, e que seja suficiente para evitar o escorrimento do ligante. O método A é executado utilizando Alpine Air Jet Sieve (tipo 200 LS), onde se pega 5g de fibra e peneira-

se por 14 minutos sob vácuo controlado de 75kPa (11psi) de água; a porção restante na peneira é pesada.

**Tabela 2.7:** Especificações para a fibra mineral para uso em SMA, nos EUA (AASHTO MP8-01)

<b>QUALIDADES NECESSÁRIAS PARA FIBRA MINERAL</b>	
<b>Propriedades</b>	<b>Especificação</b>
Análise de Dimensões	
Comprimento da Fibra – valor máximo médio	6 mm
Espessura – valor máximo médio	0,005 mm
Teor de “Shot”	
Passante na Peneira n.º 60 (0,250 mm)	90 ± 5 %
Passante na Peneira n.º 230 (0,063 mm)	70 ± 10 %

O teor de fibra mineral, segundo a AASHTO MP8-01, deve ser aproximadamente 0,4% do peso total da mistura, e que seja suficiente para evitar o escorrimento do ligante. O teor de “shot” é uma proporção de material que não é fibra; e é determinado com o uso de vibradores de peneiras. São usadas duas peneiras para a determinação do teor de “shot”, a peneira n.º. 60 (0,250 mm) e a n.º. 230 (0,063 mm).

**Tabela 2.8:** Faixas granulométricas de SMA usadas nos Estados EUA (NAPA, 2002)

<b>Faixas Granulométricas usadas da Mistura Asfáltica SMA - % passante por volume</b>						
<b>Peneira mm</b>	<b>*19,0 mm</b>		<b>*12,5 mm</b>		<b>*9,5 mm</b>	
	<b>Inferior</b>	<b>Superior</b>	<b>Inferior</b>	<b>Superior</b>	<b>Inferior</b>	<b>Superior</b>
25,0	100	100	-	-	-	-
19,0	90	100	100	100	-	-
12,5	50	74	90	100	100	100
9,5	25	60	26	78	90	100
4,75	20	28	20	28	26	60
2,36	16	24	16	24	20	28
1,18	13	21	13	21	13	21
0,6	12	18	12	18	12	18
0,3	12	15	12	15	12	15
0,075	8	10	8	10	8	10

\* Tamanho máximo nominal do agregado (um tamanho de peneira maior do que a primeira peneira que retém mais que 10%).

**Tabela 2.9:** Especificações da Mistura Asfáltica SMA para Dosagem Marshall (NAPA, 2002)

<b>Especificações da Mistura Asfáltica SMA para Dosagem Marshall</b>	
<b>Propriedades</b>	<b>Especificação</b>
Teor de Ligante – Mínimo (%)	6,0
Índice de Vazios (%)	4,0
VAM – mínimo (%)	17,0
VCA <sub>mistura</sub> (%)	Menor que VCA <sub>DRC</sub>
Estabilidade (kgf) – mínimo	632
RRT – Razão de Resistência à Tração (mínimo)	0,70
Teste de Escorrimento ou Ensaio Schellenberg (Escorrimento na Temperatura de Produção) máximo (%)	0,30

O valor do teor de ligante mínimo mostrado na Tabela 2.9 pode ser reduzido se a densidade aparente do agregado exceder a 2,75.

Para rodovias com baixo volume de tráfego ou em regiões de clima frio, índice de vazios menores que 4,0% podem ser usados, porém não podem ser menores que 3,0%. A experiência tem mostrado que teores de ligante asfáltico abaixo de 6,0% podem afetar a durabilidade da mistura SMA.

## 2.2 COMPORTAMENTO MECÂNICO DE MISTURAS ASFÁLTICAS

### 2.2.1 Estudo de Fadiga

Define-se fadiga como um processo de alterações progressivas estruturais, localizadas e permanentes, que ocorre em um material sujeito a condições que produzam tensões e deformações repetidas em determinado ponto ou pontos em que possa culminar em trincas ou completa ruptura após um determinado número de repetições (MONISMITH e DEACON, 1969).

A fadiga das misturas betuminosas é considerada um importante fator para um bom dimensionamento de estruturas de pavimentos e, portanto, seu comportamento deve ser bem conhecido e devidamente caracterizado.

A fadiga é um problema que ocorre pela repetição da aplicação de cargas pesadas. Um primeiro sinal de fadiga consiste no aparecimento de trincas interrompidas longitudinais ao sentido do tráfego. A trinca por fadiga é um problema progressivo, porque, em um determinado instante, as trincas iniciais se unirão e, pela reação em cadeia, formarão mais trincas. Um estágio avançado de trincas por fadiga é chamado de “couro de jacaré”, pois estas lembram a pele deste animal. Em alguns casos extremos, o estágio final do processo de fadiga é a deterioração do pavimento com formação de “painéis”. As painéis se formam quando vários pedaços do revestimento são deslocados e removidos pela ação do tráfego.

Enquanto o mecanismo de fadiga é de fácil entendimento, suas causas não o são. Não se pode relacionar apenas como sendo um problema dos materiais. A trinca por fadiga é causada por



vários fatores que ocorrem simultaneamente. Camadas de pavimento mal projetadas e/ou executadas estão propensas a altas deflexões quando carregadas, contribuindo assim, para o trincamento por fadiga. Assim, camadas finas e muito rígidas de pavimento, sujeitas a altas deflexões quando solicitadas repetidamente por carregamento pesado, são mais susceptíveis a fadiga. É preciso compatibilizar os materiais para fazer um projeto adequado de um pavimento e da mistura asfáltica a ser empregada no revestimento.

Em alguns casos, as trincas por fadiga são apenas um sinal de que o pavimento já recebeu o número de aplicações de carga previstos no projeto. Conseqüentemente, é necessário uma reabilitação (planejada). Supondo que a ocorrência de trincas por fadiga coincidam aproximadamente com a vida útil de projeto, isto não deve ser considerado uma falha, mas um processo natural de degradação do pavimento, conforme proposto. Se trincas ocorrerem muito antes do fim da vida útil programada do pavimento, isto é sinal que o pavimento pode ter recebido um número de carregamentos maior antes do período esperado.

Loureiro (2003), dissertando sobre fadiga em pavimentos, aborda pesquisa desenvolvida por Falcão e Soares (2002a e 2002b) analisando caso estudado por Benevides (2000) para apresentar algumas inconsistências no que diz respeito a modelagem da evolução do dano causado por fadiga. Demonstra Loureiro, através de ensaios em laboratório com três tipos de misturas asfálticas, que a vida de fadiga mesmo quando determinada por Tensão Controlada (TC) no ensaio de compressão diametral é governado pelo estado de deformações na ruptura. Essa deformação por ele denominada de crítica ( $\epsilon_c$ ) corresponde ao nível de deformação a partir do qual ocorre crescimento acelerado dos valores deslocamentos plásticos até atingir a ruptura. Destaca o fato que o material ao sofrer dano progressivo ao longo do carregamento repetido do ensaio, tem afetada sua rigidez e, conseqüentemente, o estado de tensões no mesmo.

Verifica também Loureiro, que naquele estudo para cada nível de tensão nas misturas asfálticas estudadas as deformações inicial ( $\epsilon_i$ ) e crítica de ruptura ( $\epsilon_c$ ), são interrelacionadas no que concerne a variância observada no experimento.

A consistência dos resultados obtidos para a deformação crítica permite considerar a possibilidade de existência de critério para definição de final do ensaio de fadiga que

aproxime os resultados de ensaios realizados a Tensão Controlada (TC) e Deformação Controlada (DC) de forma que não seja a ruptura total do corpo de prova como ocorre no ensaio TC e nem o descarregamento completo do ensaio DC. A partir do momento em que é definido um critério pode-se desenvolver metodologia para avaliação mais coerente com a situação real que ocorre em campo.

De acordo com Carpenter et al (2003), o limite de ruptura no CBUQ é observado quando a mistura começa a apresentar as primeiras microtrincas. Os mesmos autores observaram que, para níveis de deformação inferiores a  $70 \times 10^{-6}$ , a vida de fadiga da mistura não é afetada e, portanto, a mistura resiste ao trincamento por fadiga durante o período de projeto. Isso indica que o limite de ruptura é válido para determinados níveis de deformação sendo, portanto, necessário o estabelecimento em laboratório de critérios de ruptura específicos que possam ser relacionáveis com deformações mobilizadas no pavimento real.

Mesmo assim tem-se que ter um Fator Laboratório Campo (FLC), pois outros fatores continuam a não estar plenamente considerados nos ensaios:

1. não consideração do envelhecimento da mistura e da progressão do dano no material durante o ensaio;
2. aspectos presentes no campo não simulados em laboratório como variação térmica, presença de cargas estocásticas, a ocorrência do fenômeno de recuperação de trincas em virtude da ausência de cargas em alguns períodos;
3. imprecisão da determinação do número N para representar o tráfego real.

Nas três misturas asfálticas estudadas Loureiro (2003) (CBUQ convencional, asfalto borracha e mistura asfáltica reciclada) foram encontrados para valores de  $\epsilon_s/\epsilon_i$  variando entre 5 e 6 no CBUQ e asfalto borracha e valores variando entre 2 e 400 dependendo do nível de tensão e porcentagem de material fresado. Foi observado aumento de  $\epsilon_s/\epsilon_i$  com a porcentagem de material fresado incorporado na mistura reciclada.

Em todas misturas pesquisadas por Loureiro (2003) para todos níveis de tensão aplicados a relação  $\epsilon_s/\epsilon_i$  foi constante em cada mistura, demonstrando que qualquer que seja o valor da resistência a tração (RT) obtido, o quociente  $\epsilon_s/\epsilon_i$  é mantido.

### 2.2.2 Ensaio de Fadiga

O ensaio para a caracterização da fadiga submete uma amostra do material a uma aplicação de carga repetida até a sua ruptura. A ruptura pode ser definida por vários critérios. A curva que representa o número de aplicações de carga até a ruptura com a amplitude da carga aplicada é conhecida como a curva de Wöhler, pesquisador que realizou os primeiros estudos fundamentais da fadiga de metais em laboratório, e é caracterizada por relações do tipo (MONISMITH e BROWN, 1999; BENEDETTO et al, 1997; LOUREIRO, 2003):

$$N_f = k_1 \cdot \sigma^{n_1} \quad (2.15)$$

$$N_f = k_2 \cdot \varepsilon^{n_2} \quad (2.16)$$

onde:

$N_f$  : número de aplicações de carga até a ruptura;

$\sigma$  : tensão de tração repetida atuante;

$\varepsilon$  : deformação de tração repetida;

$k_1, k_2$  : constantes de regressão;

$n_1, n_2$  : constantes de regressão negativas em geral.

As equações 2.15 e 2.16 representam o comportamento da fadiga como sendo uma relação linear em um gráfico bi-logarítmico entre a tensão ou deformação de tração com o número de aplicações de carga. A equação 2.15 representa o modelo geral quando o ensaio é realizado a tensão controlada e a equação 2.16 quando o ensaio é realizado a deformação controlada.

Pinto (1991) definiu a vida de fadiga no ensaio a tensão controlada com base na deformação resiliente inicial ( $\varepsilon_i$ ) no ensaio de fadiga por compressão diametral, conforme apresentado na expressão 2.17 o módulo de resiliência foi determinado nas primeiras aplicações de carga para cada nível de tensão e determinado os valores da deformação pela divisão da tensão de tração induzida pelo módulo médio.

$$N_f = k_1 \cdot \varepsilon_i^{n_1} \quad (2.17)$$

onde:

$N_f$  : número de aplicações de carga até a ruptura;

$\varepsilon_i$  : deformação resiliente inicial;

$k_1$  : constante de regressão;

$n'$  : constante negativa de regressão.

A fim de melhor apresentar o comportamento da fadiga e buscando identificar uma lei geral, várias instituições vêm desenvolvendo modelos de fadiga baseados na deformação inicial de tração e no módulo ou rigidez da mistura. Os modelos possuem a forma apresentada na equação 2.18.

$$N_f = k_1 \cdot \varepsilon^{n_1} \cdot S_{mix}^{n_2} \quad (2.18)$$

Onde:

$N_f$  : número de aplicações de carga até a ruptura;

$\varepsilon$  : deformação máxima inicial de tração;

$S_{mix}$  : módulo ou rigidez da mistura;

$k_1, n_1, n_2$  : constantes de regressão.

Para estimativa da vida de fadiga de misturas asfálticas, dispõe-se de uma variedade de equipamentos de laboratório. Esses equipamentos podem atender as várias configurações de ensaio, que podem ser afetadas pelas condicionantes seguintes:

- Forma do corpo de prova
- Tipo de carregamento
- Estado de tensões
- Forma e frequência de carregamento

Além destes, os fatores seguintes, também afetam a vida de fadiga das misturas asfálticas.

a) Fatores de mistura

- Temperatura

- Tipo de agregado, forma e textura
- Granulometria do agregado
- Penetração do asfalto
- Teor de asfalto

b) Fator ambiental, especialmente temperatura

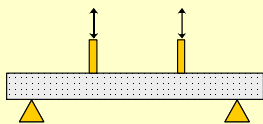
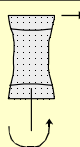
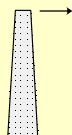
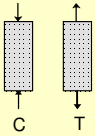
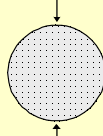
Segundo Monismith e Deacon (1969) nenhum dos equipamentos é suficientemente universal de forma a garantir um ensaio padrão e todos devem ser considerados uma ferramenta de pesquisa que possui um uso específico e limitado. Em função disto, cada uma das configurações do ensaio de fadiga deve ser avaliada com muito cuidado.

Em um trabalho mais recente, Monismith (1998) faz uma análise de diversos procedimentos de ensaio (viga retangular, trapezoidal, tensão direta, tensão indireta) e concluiu que, apesar do ensaio diametral (tração indireta) ser razoavelmente confiável, o ensaio a deformação controlada a partir da flexão de vigas é mais compatível com o conceito de propagação de trincas. Os modelos de trincamento por fadiga desenvolvidos no projeto de Strategic Highway Research Program (SHRP) são deste tipo de ensaio.

Nas páginas seguintes são tecidos comentários sobre cada sub-item, listados anteriormente, que afetam a vida de fadiga das misturas asfálticas.

### **Forma do corpo de prova**

Na busca de refletir em laboratórios as condições de carregamento encontradas em campo, existem na Literatura Técnica, diversas formas geométricas de corpos de provas de mistura asfáltica utilizada para o ensaio de fadiga, os principais deles indicados esquematicamente na figura 2.15.

TIPO DE ENSAIO	GEOMETRIA DO CORPO DE PROVA	FORMA
Flexão		Viga retangular de quatro apoios
Rotação		Cilíndrico com redução de seção
Flexão em balanço		Viga trapezoidal
Tração direta		Cilíndrico
Tração Indireta		Cilíndro "Marshall"

**Figura 2.15.** Relação de formas geométricas dos corpos de prova

O ensaio de flexão consiste em submeter uma vigota retangular simplesmente apoiada a duas cargas simétricas em relação ao centro da vigota, que produzem um estado de tração uniforme na parte central da borda inferior da vigota, abaixo da linha neutra, entre dois pontos de carga.

No ensaio rotacional, amostras cilíndricas com seção reduzida no centro são submetidas a uma carga constante através de um fio conectado em uma das extremidades. A rotação da amostra e a carga constante na extremidade produzem tensões de compressão e de tração senoidais nos pontos da fibra externa, rompendo a amostra no ponto de solitação máxima.

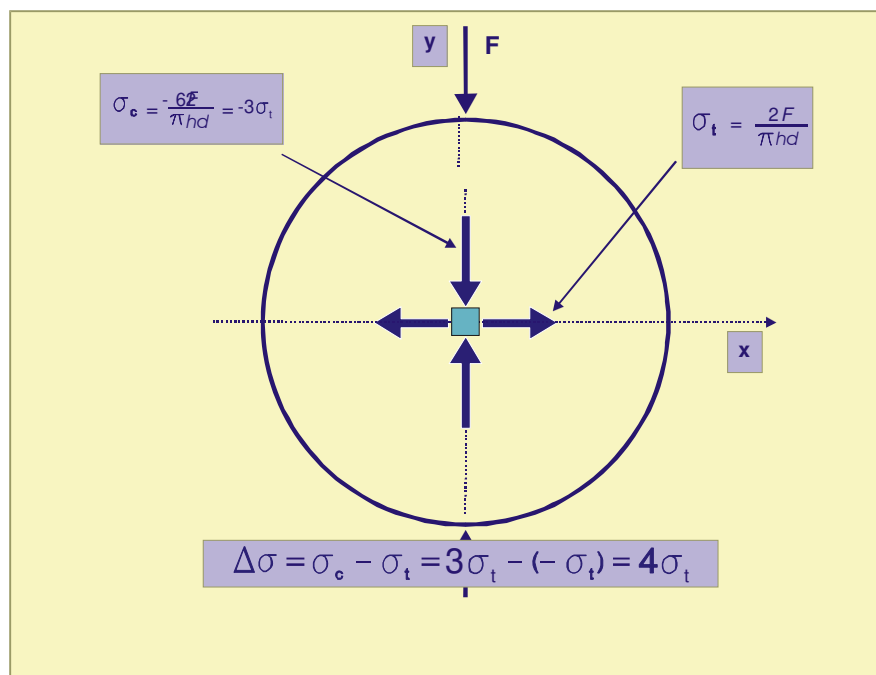
O ensaio de fadiga através da flexão em amostras trapezoidais é caracterizado pela aplicação de uma força na menor extremidade do corpo de prova através de um sistema capaz de produzir uma deformação elástica constante. O corpo de prova trapezoidal possui dimensões de 56mm de lado na base maior, 25mm na base menor, 250mm de altura e 25mm de espessura (MOMM, 1998 apud LOUREIRO, 2003). Este tipo de ensaio foi desenvolvido na França, e é utilizado para o ensaio de fadiga.

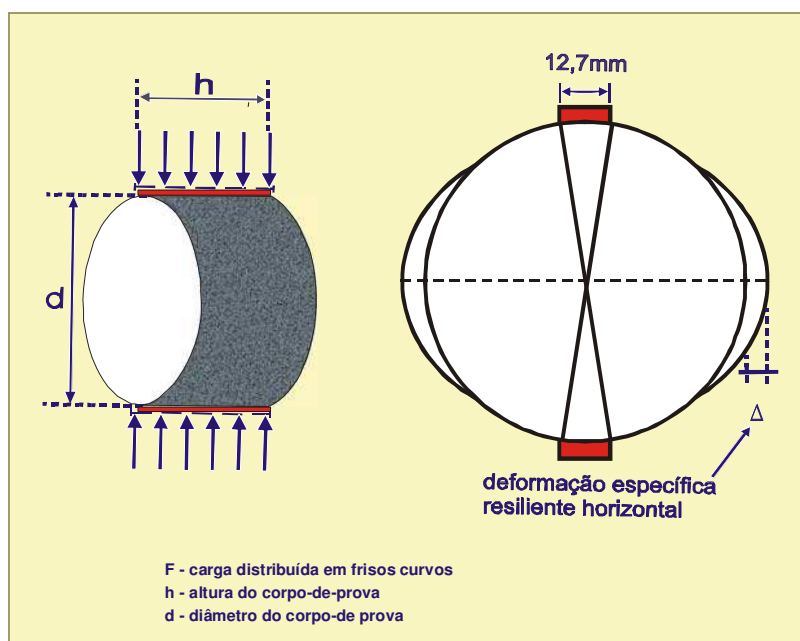
No ensaio de tração direta, amostras retangulares são comprimidas e tracionadas axialmente.

O ensaio de tração indireta por compressão diametral foi desenvolvido pelo professor Fernando Luiz Lobo B. Carneiro do Instituto Nacional de Tecnologia do Rio de Janeiro, para a determinação da resistência à tração de corpos-de-prova cilíndricos de concreto de cimento Portland, sendo conhecido no exterior como “ensaio brasileiro”.

O investigador Schmidt da Chevron, Califórnia, introduziu este ensaio para as misturas asfálticas sob carregamento repetido.

A carga é aplicada por compressão diametral em amostras cilíndricas tipo Marshall (10,16cm x 6,35cm), induzindo um estado de compressão na direção vertical e de tração na horizontal, conforme é mostrado na figura 2.16, resultando num estado biaxial de tensões,





**Figura 2.16:** Estado de tensões gerados no ensaio de tração indireta por compressão diametral (Pinto, Salomão / Preussler, Ernesto, 2002)

O carregamento vertical é aplicado e distribuído através de um friso de carga curvo e o deslocamento horizontal é medido por transdutores do tipo LVDT.

Pela teoria elástica, segundo Focht, a deformação específica num ponto distante de  $x$  do centro do corpo-de-prova cilíndrico é dada por:

$$\varepsilon_x = \frac{2F}{3,14Ehd} \left[ \frac{4d^4 - 16d^2x^2}{(d^2 - 4x^2)^2} + (1 - \mu) \right] \quad (2.19)$$

Onde:

F: força vertical aplicada através do friso à geratriz do cilindro;

E: módulo de elasticidade do material;

h: altura do corpo-de-prova cilíndrico;

d: diâmetro do corpo-de-prova cilíndrico;

x: abcissa – distância horizontal ao centro do corpo-de-prova;

$\mu$ : coeficiente de Poisson.

Integrando a Equação  $\varepsilon_x$  no intervalo de  $(-d/2, +d/2)$ , calcula-se o deslocamento total,  $\Delta$ , na horizontal (para  $d=10,16\text{cm}$ ):



$$\Delta = \frac{F}{E.h} (\mu + 0,2734) \quad (2.20)$$

onde:

$$E = \frac{F}{\Delta.h} (\mu + 0,2734) \quad (2.21)$$

Para a carga aplicada por um meio de um friso curvo de 1,27 cm, tem-se, com base nos estudos de Preussler, a equação:

$$E = \frac{F}{\Delta.h} (0,9976\mu + 0,2692) \quad (2.22)$$

A aplicação da teoria da elasticidade a misturas asfálticas no ensaio de compressão diametral, é admissível a níveis de tensão de tração de 50% ou menos em relação à de ruptura e a temperaturas inferiores a 35°C.

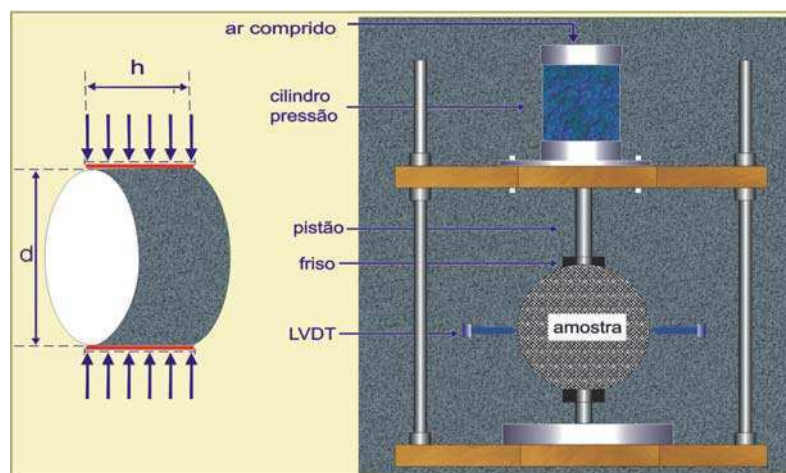
Atribui-se o coeficiente de Poisson de 0,25 a 0,30 para as misturas asfálticas a quente em função da temperatura, especialmente.

A tensão de tração ( $\sigma_t$ ) normal horizontal é de compressão vertical ( $\sigma_c$ ) no centro do corpo-de-prova é dada por:

$$\sigma_t = \frac{2F}{3,14hd} \quad (2.23)$$

$$\sigma_c = \frac{-6F}{3,14hd} \quad (2.24)$$

O equipamento de compressão diametral utilizado para a determinação dos módulos de elasticidade e estudos de fadiga de misturas betuminosas e cimentadas é mostrada esquematicamente na figura 2.17. A temperatura do ensaio deve ser especificada e controlada mediante o condicionamento do equipamento em uma câmara termo-regulável.



**Figura 2.17:** Equipamento de Ensaio a Compressão diametral de cargas repetidas

### Tipo de Carregamento

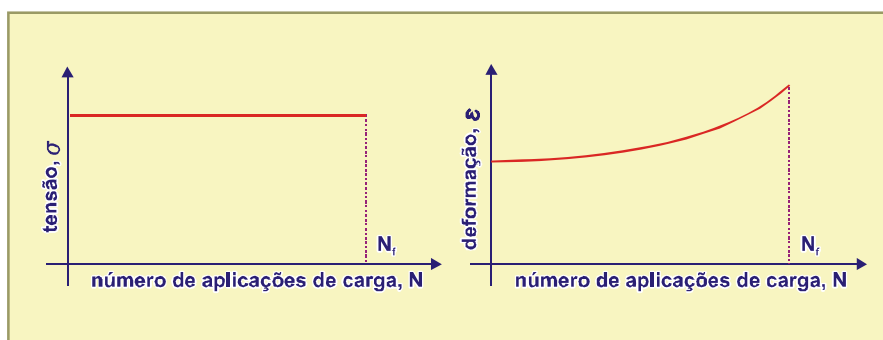
O ensaio de fadiga pode ser realizado de duas formas: tensão controlada e deformação constante.

- **Ensaio à tensão controlada**

Neste ensaio aplica-se uma carga contínua e constante sobre um corpo de prova cilíndrico ou prismático. A aplicação contínua da tensão procura simular as condições de campo no laboratório, onde a carga das rodas dos veículos atua sobre os pavimentos de forma repetitiva.

Durante o ensaio, as deformações resultantes vão aumentando e atingem um valor máximo até a fase de colapso da amostra. Portanto, o critério de parada neste ensaio de fadiga está associado à fratura do corpo de prova (PINTO, 1991).

A figura 2.18 apresenta o esquemático de fadiga à tensão constante de misturas asfálticas (MONISMITH e DEACON, 1969).



**Figura 2.18:** Comportamento da tensão e deformação, no ensaio de fadiga a tensão controlada

- **Ensaio à deformação constante**

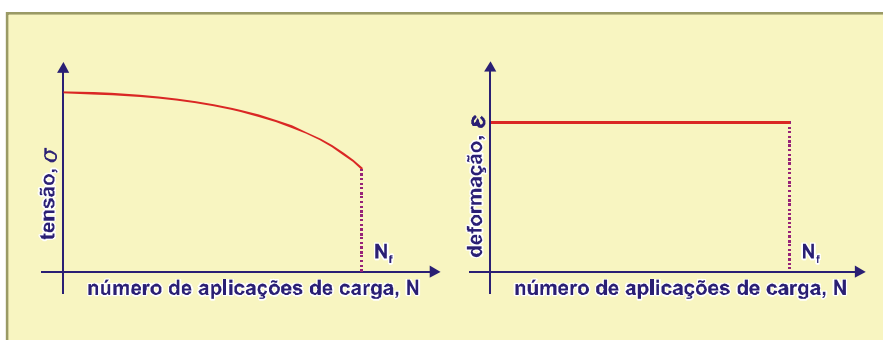
É realizado controlando-se a tensão aplicada (reduz-se a tensão com o andamento do ensaio), de forma a manter a deformação recuperável constante durante o ensaio.

Neste tipo de ensaio, as trincas evoluem de forma mais lenta que no ensaio a tensão controlada, com isto o ensaio se torna mais demorado.

O corpo de prova não chega ao colapso, portanto alguns critérios são utilizados para o término do ensaio.

- Redução em 40% e 50% da carga inicial aplicada (PINTO 1991).
- 50% do módulo de rigidez inicial por flexão ou da tensão inicial (PRONK e HOPMAN, 1990; TAYEBALI et al, 1992 apud LOUREIRO, 2003).

Na figura 2.19 é apresentado o modelo esquemático de comportamento de fadiga à deformação controlada de misturas asfálticas (MONISMITH e DEACON, 1969).



**Figura 2.19:** Comportamento da tensão e deformação, no ensaio de fadiga a deformação constante

A fadiga vai alterando as propriedades de resistência e a rigidez das misturas, fazendo com que o comportamento das tensões e deformações no interior da camada betuminosa varie durante o carregamento. Monismith e Deacon (1969) definiram uma forma de avaliar esta variação como o Fator Modo, expresso por:

$$FM = \frac{|A| - |B|}{|A| + |B|} \quad (2.25)$$

onde,

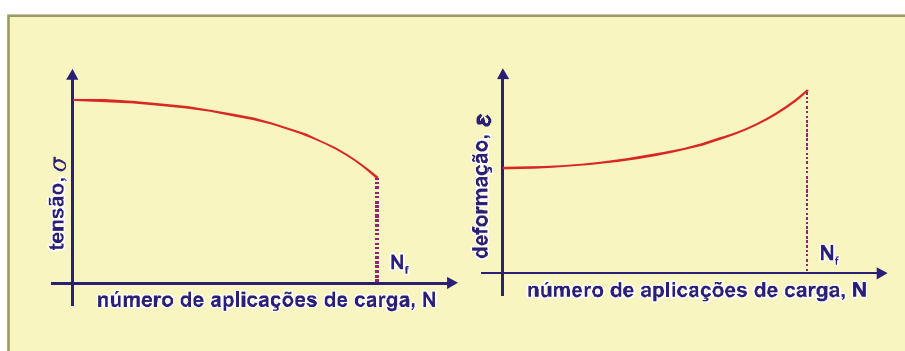
$FM$ : fator de modo;

$|A|$  : variação percentual da tensão de tração horizontal devido a uma redução arbitrada e fixa da rigidez da mistura;

$|B|$  : variação percentual da deformação de tração horizontal devido a uma redução arbitrada e fixa da rigidez da mistura.

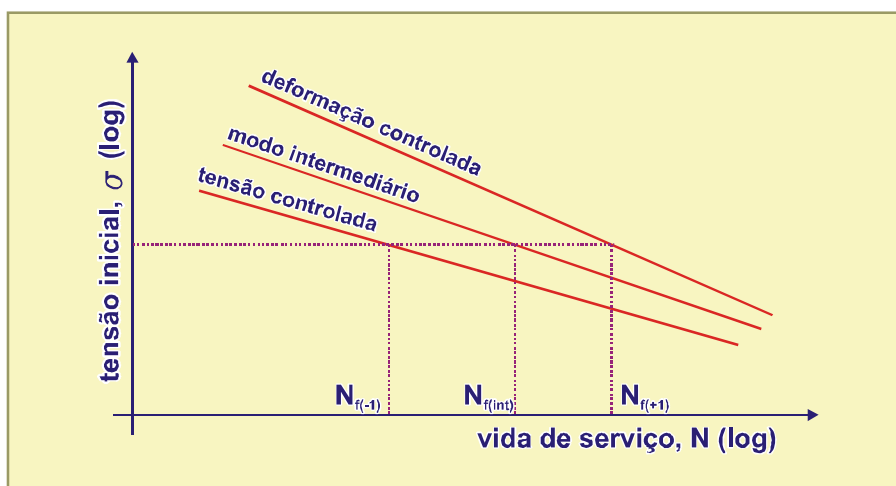
O fator de modo varia de +1 (deformação controlada), a -1 (tensão controlada), e dentro deste intervalo o comportamento é tido como intermediário.

Na figura 2.20 é apresentada o modelo esquemático do comportamento de fadiga de misturas asfálticas em um modo de carregamento intermediário (MONISMITH e DEACON, 1969).



**Figura 2.20:** Comportamento da tensão e deformação, no ensaio de fadiga com um modo de carregamento intermediário

A figura 2.21 apresenta o diagrama da vida de fadiga para diversos modos de carregamento (MONISMITH e DEACON, 1969).



**Figura 2.21:** Diagrama da vida de fadiga para diversos modos de carregamento

Observa-se que, para que um mesmo nível de tensão inicial, a vida de fadiga da mistura asfáltica é maior quando se realiza o ensaio à deformação constante.

O quadro 2.1 apresenta os critérios de fadiga.

<i>ENSAIO</i>	<i>CRITÉRIO DE FADIGA</i>	<i>VIDA DE FADIGA (N)</i>
TC	Ruptura Completa	Fim do Ensaio
DC	Redução de Desempenho	Arbitrário. Estágio de ruptura
TC ou DC	Início de Fissuras	Retas $N \times \epsilon$ e agrupadas

**Quadro 2.1:** Critério de fadiga em função do tipo de ensaio.

### Estado de tensões

Em função da geometria do corpo de prova e da configuração do ensaio, o estado de tensões induzido na amostra pode ser uniaxial ou biaxial.

Na maioria dos ensaios, como o de flexão de viga retangular ou trapezoidal, o estado de tensões é uniaxial. Nestes ensaios, a flexão produzirá tensões de tração e compressão alternadamente ao longo da seção transversal da amostra.

No ensaio de tração indireta, o estado de tensões gerado é biaxial. O estado de tensões, neste caso, produz tanto tensões de tração quanto de compressão num mesmo instante em direções

opostas, o que torna o ensaio mais severo, seja, estima menor vida de fadiga comparado ao de flexão, por exemplo.

### **Forma e Freqüência de Carregamento**

As cargas aplicadas sobre os corpos de prova podem ser de diversas maneiras. Os pulsos de carga podem ser aplicados por sinais dos tipos triangular, retangular e em forma de sino (haversine ou senoidal). Pode-se também configurar os tempos ou freqüência de carregamento, descarregamento e relaxamento. Todos estes fatores influem no ensaio e geram resultados diferentes.

No ensaio de tração indireta, os pulsos de carga não possuem uma forma bem definida, mas tendem ao formato de sino, pois o processo pneumático permite pouco controle no formato da onda do carregamento. No Brasil, para este ensaio, a carga é aplicada em 0,1s e, após a sua aplicação, existe um período de relaxamento de 0,9 s, a freqüência do ciclo de aplicação de carga é de 1Hz.

Fatores de Mistura

### **Temperatura**

As misturas asfálticas não estão sujeitas apenas às ações do carregamento. A temperatura do material também exerce influência sobre seu comportamento à fadiga e constitui um dos principais fatores que impõem uma vida útil limitada aos pavimentos (MEDINA, 1997).

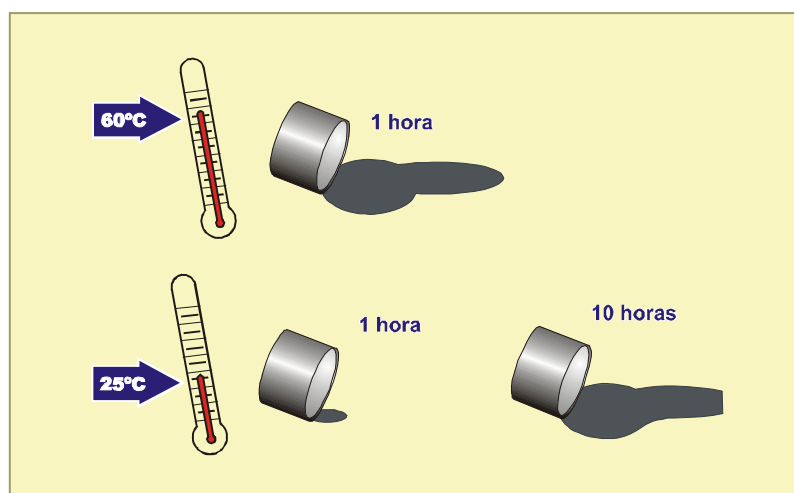
Segundo Motta (1979), o clima é um dos fatores que mais afeta o desempenho de um pavimento. Representado por seus elementos básicos, temperatura do ar e precipitação, o clima influencia os pavimentos através de diversos mecanismos, tais como a intemperização dos materiais, a alteração dos módulos de resiliência ou ainda a alteração das umidades de equilíbrio.

O ligante asfáltico é muito suscetível à temperatura o que, é, ao mesmo tempo, uma virtude e algumas vezes, sua fraqueza. Isto é, suas propriedades são muito dependentes da temperatura.

Por isso, quase toda a caracterização, tanto do ligante quanto sua mistura com agregados deve estar acompanhada da temperatura em que foi realizada. Não especificar a temperatura de referência de um teste significa inviabilizar a sua interpretação. O cimento asfáltico também é dependente do tempo de carregamento. O asfalto exibe diferentes propriedades, quando uma mesma carga é aplicada em tempos diferentes. Da mesma forma que a temperatura, os testes com cimento asfáltico deve especificar a taxa de carregamento. Como o asfalto depende tanto da temperatura quanto do tempo de carregamento, estes dois fatores podem ser interagidos.

- carregamento lento pode simular altas temperaturas;
- carregamento rápido pode simular baixas temperaturas.

Na figura 2.22 estão apresentados a correspondência de comportamento influenciado pelo tempo de carregamento e temperatura do cimento asfáltico.



**Figura 2.22:** Dependência do tempo-temperatura do cimento asfáltico

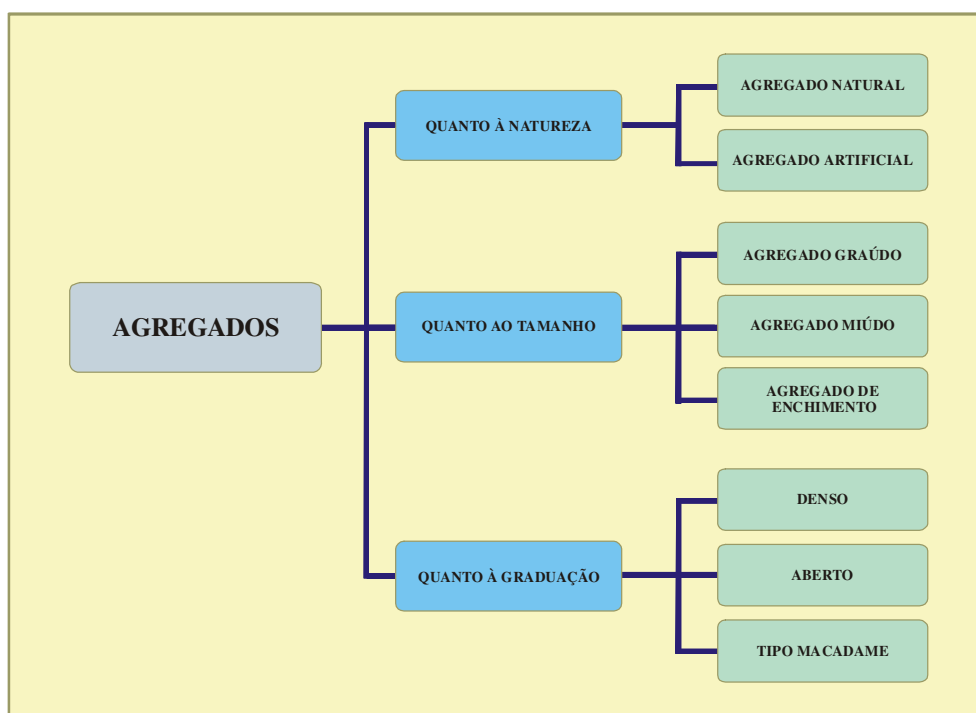
O cimento asfáltico é chamado de viscoelástico, pois apresenta, ao mesmo tempo, características elásticas e viscosas. Em altas temperaturas, o cimento asfáltico se comporta quase que totalmente como um fluido viscoso.

### **Tipo de agregado Forma e Textura**

Os materiais pétreos usados em pavimentação, normalmente conhecidos sob a denominação genérica de agregados, podem ser naturais ou artificiais. Os primeiros, são aqueles utilizados como se encontram na natureza, como o pedregulho, os seixos rolados, etc., ao passo que os

segundos compreendem aos que necessitam de uma transformação física e química do material natural para sua utilização, como a escória e a argila expandida e a calcinada.

Os agregados usados em pavimentação podem ser classificados segundo a natureza. Tamanho e distribuição dos grãos, conforme mostrado na figura 2.23.



**Figura 2.23:** Classificação dos agregados, quanto a natureza, tamanho e graduação

Quando um esqueleto de agregados é sujeito a tensões cisalhantes, as partículas de agregados podem quebrar-se ou sobrepor-se umas sobre as outras, se existir liberdade de movimento. Este fenômeno é chamado de dilatância, pois resulta em um aumento de volume da massa do agregado. Materiais duros são mais compactados e possuem altos valores de coeficiente de atrito interno e tendem a dilatar mais do que materiais frágeis.

Na figura 2.24 é apresentado o modelo esquemático do efeito de dilatância.



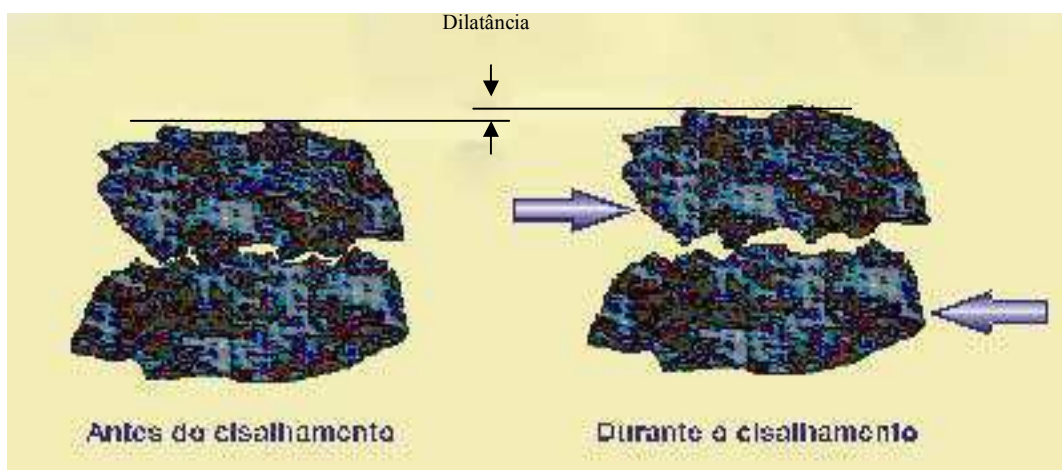


Figura 2.24: Efeito da dilatação

### Granulometria do agregado

A granulometria contínua normalmente empregada para as misturas asfálticas no Brasil pode ser representada pela equação geral:

$$P = 100 \left( \frac{d - d_0}{D - d_0} \right)^n \quad (2.26)$$

Em que:

D : diâmetro máximo (abertura da malha da menor peneira na qual passam no mínimo 95% do material);

$d_0$  : diâmetro mínimo (abertura da malha da maior peneira na qual passam no máximo 5% do material);

P : percentagem, em peso, que passa na peneira de diâmetro d;

n : constante.

Dessa forma, tem-se a seguinte classificação:

- Agregado de graduação densa:  $0,35 < n < 0,55$
- Agregado de graduação aberta:  $0,55 < n < 0,75$
- Agregado tipo macadame:  $D \cong 2d \quad n \cong 1,0$

A equação anterior, para  $n = 0,50$  e  $d_0 \cong 0$  é chamada equação de Fuller:

$$P = 100 \sqrt{\frac{d}{D}} \tag{2.27}$$

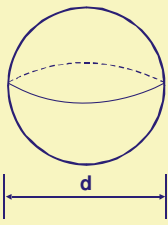
Quanto à continuidade da curva de distribuição granulométrica, os agregados podem ser classificados em agregados de granulometria contínua e de granulometria descontínua. O de granulometria contínua apresenta todas as frações em sua curva de distribuição granulométrica sem mudanças de curvatura. O de granulometria descontínua apresenta ausência de uma ou mais frações, em sua curva de distribuição granulométrica, dando formação de patamares, caracterizando-se pela mudança de curvatura da curva granulométrica, ou seja, por pontos de inflexão.

Uma grandeza muito importante que se obtém pela granulometria dos agregados é o conceito de superfície específica.

**SUPERFÍCIE ESPECÍFICA DE UMA PARTÍCULA ESFÉRICA**

**ÁREA DA ESFERA**.....  $s = \pi d^2$   
**VOLUME DA ESFERA**.....  $v = \frac{\pi d^3}{6}$   
**MASSA DA ESFERA**.....  $m = v \cdot \rho$   
 $\rho$  - MASSA ESPECÍFICA

**SUPERFÍCIE ESPECÍFICA** =  $\Sigma = \frac{s}{m} = \frac{6}{\rho \cdot d}$



**EXEMPLOS** (  $\rho = 2,65 \text{ g / cm}^3$  )

$d = 1'' (25 \text{ mm})$	$\rightarrow \Sigma = 0,09 \text{ m}^2 / \text{kg}$
$d = 1/2'' (12,5 \text{ mm})$	$\rightarrow \Sigma = 0,18 \text{ m}^2 / \text{kg}$
$d = 0,074 \text{ mm}$	$\rightarrow \Sigma = 31 \text{ m}^2 / \text{kg}$
$\left\{ \begin{array}{l} \text{AGREGADO PASS. \# } 1'' \\ \text{E RETIDA NA \# } 1/2'' \end{array} \right. \times \rightarrow \Sigma = 0,13 \text{ m}^2 / \text{kg}$	
AGREGADO PASS. \# N.º 200	$\rightarrow \Sigma = 135 \text{ m}^2 / \text{kg}$

**Figura 2.25:** Definição da superfície específica duma partícula esférica

A superfície específica é inversamente proporcional ao diâmetro  $d$  da partícula

$$\Sigma = K^1 \cdot d^{-1}$$

Se a partícula for rigorosamente esférica, tem-se:

$$K^1 = 6 / \rho$$

Embora a noção de superfície específica seja essencialmente volumétrica ( $m^2/m^3$ ), prefere-se por razões práticas exprimi-las em termos ponderais ( $m^2/Kg$ ).

No Brasil tem-se usado uma adaptação da fórmula de Duriez para peneiras correspondentes a nossas especificações, conhecida como fórmula de Vogt:

$$100 \Sigma = 0,07P_4 + 0,14P_3 + 0,33P_2 + 0,81P_1 + 2,7S_3 + 9,15S_2 + 21,9S_1 + 135F \quad (2.28)$$

onde:

P <sub>4</sub> : fração entre as peneiras	50 - 25 mm	(2" - 1")
P <sub>3</sub> : fração entre as peneiras	25 - 12,5mm	(1" - 1/2")
P <sub>2</sub> : fração entre as peneiras	12,5 - 4,76mm	(1/2" - n° 4)
P <sub>1</sub> : fração entre as peneiras	4,76 - 2,00mm	(n° 4 - n°10)
S <sub>3</sub> : fração entre as peneiras	2,00 - 0,42mm	(n°10 - n° 40)
S <sub>2</sub> : fração entre as peneiras	0,42 - 0,177mm	(n° 40 - n°80)
S <sub>1</sub> : fração entre as peneiras	0,177 - 0,074mm	(n° 80 - n° 200)
F - fração passando na peneira	(0, 074mm)	(n° 200)

Unidade:  $m^2/kg$ .

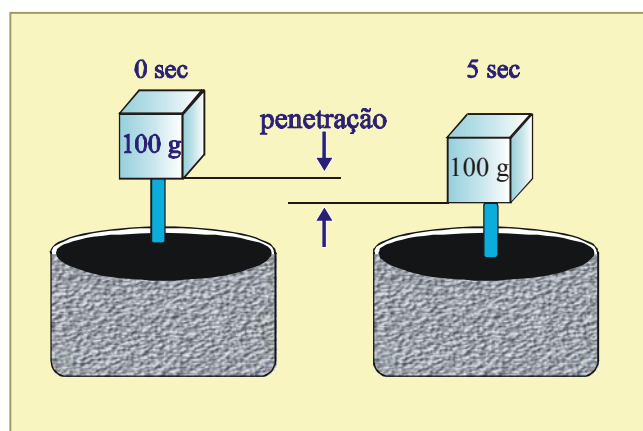
### Penetração do Asfalto

Os CAPs são classificados pela sua consistência, de mais mole ou mais duro. Como são materiais termosensíveis e viscoelásticos sua consistência deve ser definida para um dada temperatura e uma dada velocidade de aplicação de carga (ou uma dada velocidade de deformação).

A penetração é um índice empírico, pois a velocidade de penetração da agulha é eminentemente variável e impossível de determinação prática, variando de acordo com a natureza do CAP.

A consistência de um cimento asfáltico no estado semi-sólido é medida pelo ensaio de penetração. Consiste em determinar a profundidade em décimos de milímetro, que uma amostra de cimento asfáltico numa temperatura de 25° C. A massa total atuante na agulha é de 100 g.

A figura 2.26 apresenta esquemático de ensaio de penetração.



**Figura 2.26:** Esquemático do ensaio de penetração em cimentos asfálticos

O Grau de dureza do CAP é tanto maior quanto menor for o valor da penetração da agulha na amostra.

Pfeiffer e Van Doormaal definiram uma equação, onde a suscetibilidade térmica tem um valor próximo a zero para os asfaltos usados em pavimentação. Introduziram o chamado Índice de Penetração (IP) sob a forma:

$$IP = \frac{500 \log P + 20 PA - 1951}{120 - 50 \log P + PA} \quad (2.29)$$

Onde:

P : Penetração do Asfalto;

PA : Ponto de Amolecimento;

IP : Índice de Suscetibilidade Térmica.

O índice de suscetibilidade térmica de Pfeiffer e Van Doormaal nas especificações brasileiras, pode variar de (-1,5) a (+1); valores maiores que (+1) indicam asfaltos oxidados, ou seja, pouco sensíveis a elevadas temperaturas e quebradiços quando a temperatura é baixa e valores menores que (-1,5) indicam asfaltos muito sensíveis a altas temperaturas, ou seja, amolecem rapidamente.

## Teor de Asfalto

Teor de asfalto é a concentração em massa do ligante na mistura; é expressa como percentual da massa total da mistura ou percentual por massa total do agregado. Teor de asfalto efetivo é a concentração em massa de ligante asfáltico que não é perdida por absorção pelo agregado. É normalmente reportado como percentual da massa de agregado.

Uma forma bem aproximada de se ter o teor de asfalto residual é através do método da área específica, atribuída M. Duriez.

$$P = K \cdot (\Sigma)^{0,2} \quad (2.30)$$

onde:

$P$  : % de asfalto residual, em relação ao peso total dos agregados;

$\Sigma$  : Superfície específica do agregado ( $m^2 / kg$ );

$K$  : Coeficiente denominado módulo de Riqueza.

O Quadro 2.2 apresenta alguns valores de  $K$ .

<b>CBUQ</b>	$K = 3,5$ a $4,0$	(rodovia)	-	$K = 3,8$ a $4,2$	(aeroporto)
<b>S. ASPHALT</b>	$K = 4,0$ a $4,5$	(capa)		$K = 4,5$ a $5,0$	(t. leve)
<b>PMQsD</b>	$K = 3,0$ a $3,6$	(capa)		$K = 3,5$ a $4,0$	(t. leve)
<b>PMFA</b>	$K = 2,5$ a $3,5$	(base)	-	$K = 2,8$ a $4,0$	(capa)

**Quadro 2.2:** Valores de módulo de riqueza, em função do tipo de revestimento.

No quadro 2.3 apresenta-se o comportamento da fadiga de mistura asfáltica em função do fator teor de asfalto.

Fator	Variação do Fator	Efeito de Variação do Fator		
		Na Rigidez	Na Vida de Fadiga à Tensão Controlada	Na Vida de Fadiga à Deformação Controlada
Teor de Asfalto	Aumenta	Aumenta <sup>1</sup>	Aumenta <sup>1</sup>	Aumenta <sup>2</sup>

1 – Existe um teor ótimo para vida de fadiga máxima.

2 – Poucos estudos.

**Quadro 2.3:** Comportamento da fadiga em função do teor de asfalto.

## Fator Ambiental

As variações diárias e sazonais da temperatura, causam mudanças significativas sobre a rigidez dos revestimentos asfálticos. Assim, a deformabilidade maior ou menor do pavimento é condicionada pelas variações da temperatura do ar ou das condições meteorológicas de um modo geral.

O quadro 2.4 apresenta as temperaturas ou faixas de temperatura empregadas nos corpos de prova de misturas betuminosas de alguns ensaios de fadiga, vale salientar entretanto que tais temperaturas devem estar relacionadas a temperatura média do ar de cada região.

<i>Ensaio</i>	<i>Temperatura do ensaio</i>	<i>Instituição</i>
Tração indireta	20°C	Brithish Standards Institution
Tração indireta	25°C	COPPE-UFRJ
Flexão em viga trapezoidal	10°C	Labortoire Central des Ponts et Chaussées
Flexão repetida	20°C	SHRP A-003A
Flexão repetida	10°C e 20°C	Modelo da Shell

**Quadro 2.4:** Temperaturas especificadas para realização de ensaios de fadiga.

### 2.2.3 Módulos de mistura Betuminosa

As condições de carregamento, os fatores climáticos e as propriedades da mistura influenciam diretamente o módulo de deformabilidade do asfáltico. Na busca da melhor compreensão do comportamento das camadas de mistura asfáltica em relação ao carregamento à qual estão sujeitas, diversos módulos foram definidos nas literaturas consultadas:

- Módulo de Young
- Módulo de Rigidez
- Módulo Dinâmico ou Complexo
- Módulo de Resilência.

Estes módulos serão a seguir detalhados

### 2.2.3.1 Módulo de Young

Quando o material é perfeitamente elástico, o módulo de Young é definido como a inclinação da reta que representa a relação tensão-deformação do material e o coeficiente de Poisson como o valor absoluto da deformação lateral dividida pela deformação axial quando apenas uma tensão vertical é aplicada em um corpo de prova cilíndrico (MAMLOUK e SAROFIM, 1989).

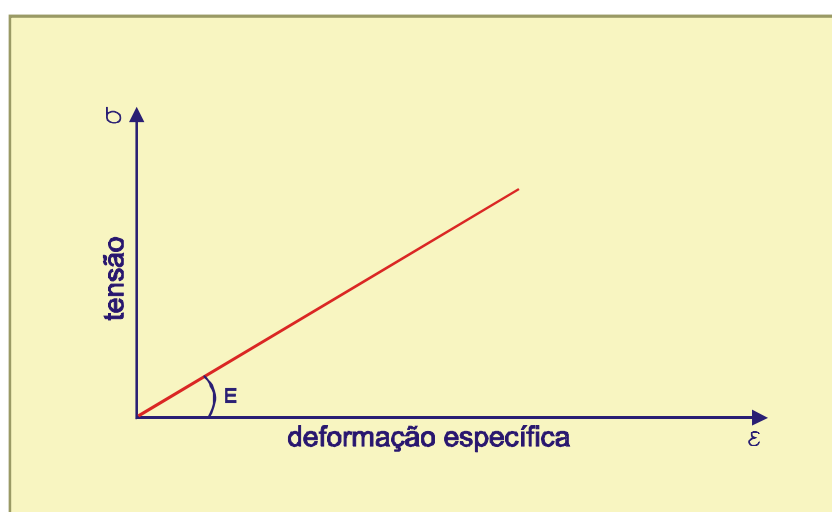


Figura 2.27: Determinação do módulo de Young

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (2.31)$$

Onde:

E : Módulo de Elasticidade;

σ : tensão;

ε : deformação específica.

Nas misturas betuminosas a relação tensão-deformação não é totalmente elástica linear, com isto a utilização do módulo de Young fica restrita apenas ao trecho retilíneo da relação. Quando o trecho retilíneo não é encontrado, o módulo de Young é definido pela tangente à curva da relação tensão-deformação em sua origem.

### 2.2.3.2 Módulo de Rigidez

Pinto (1991) descreve que os métodos, proposto para a determinação do módulo de rigidez de mistura betuminosas ( $S_m$ ), são elaborados em função dos constituintes da mistura. Segundo este autor Van der Poel, estabeleceu uma relação a partir do ensaios estáticos e dinâmicos entre o módulo de rigidez da mistura com o módulo de rigidez do ligante asfáltico. Heukelom e Klomp (apud PINTO, 1991), propuseram a seguinte expressão para a determinação do módulo de rigidez de misturas asfálticas:

$$S_m = S_b \left( 1 + \frac{2,5C_v}{n(1-C_v)} \right)^n \quad (2.32)$$

Onde,

$$C_v = \frac{V_a}{V_a + V_b}$$

$$V_a = 100 - (V_b + V_v)$$

$$n = 0,83 \cdot \log \left( \frac{4 \cdot 10^5}{S_b} \right)$$

$V_a$  : volume ocupado pelo agregado em %;

$V_b$  : volume ocupado pelo betume em %;

$V_v$  : volume ocupado pelo ar em %;

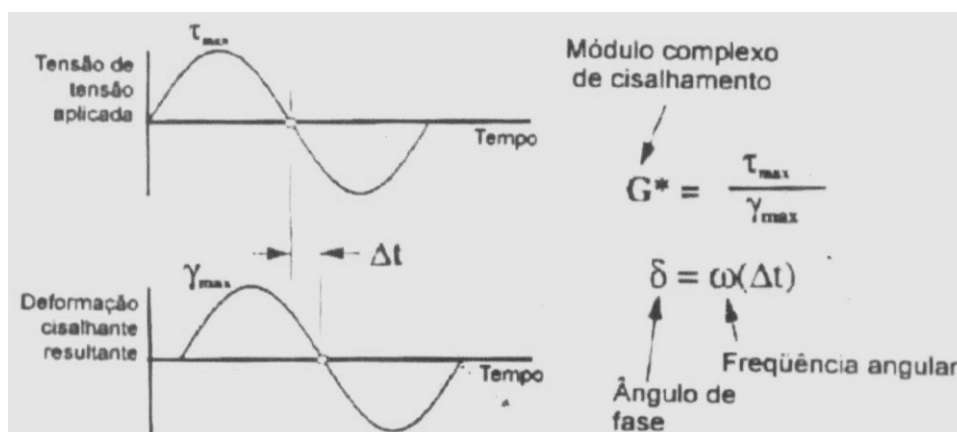
$S_b$  : módulo de rigidez do ligante betuminoso em  $\text{kgf/cm}^2$ ;

$S_m$  : módulo de rigidez da mistura asfáltica em  $\text{kgf/cm}^2$ .

### 2.2.3.3 Módulo Dinâmico ou Complexo

Quando um corpo de prova cilíndrico e com comportamento visco-elástico é sujeito a um carregamento axial dinâmico com pulsos senoidais, ocorre uma defasagem temporal entre o pulso de carga aplicado e a deformação correspondente, conforme representado na Figura 2.28.





**Figura 2.28:** Cálculo do Módulo Complexo de Cisalhamento  $G^*$  e do Ângulo de fase  $\delta$  (MOTTA et al, 1996)

O pulso de carga é dado da forma:

$$\sigma = \sigma_0 \cdot \text{sen}(\omega t) \quad (2.33)$$

e a deformação elástica representada por:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \text{sen}(\omega t - \phi) \quad (2.34)$$

onde:

$\omega$  : frequência angular da aplicação de carga;

$\phi$  : angulo de fase entre a tensão aplicada e a deformação elástica correspondente;

$\sigma_0$  : pico de tensão dinâmica induzida;

$\varepsilon_0$  : pico de deformação recuperável.

Representado normalmente por  $E^*$ , o módulo complexo é um número imaginário que relaciona a tensão axial à deformação axial em um corpo de prova cilíndrico sujeito a um carregamento dinâmico com pulsos senoidais.

O módulo complexo é representado por uma parte imaginária que caracteriza a propriedade visco-elástica do material, e uma parte real que caracteriza a sua elasticidade (WITCZAK e ROOT, 1974), e que matematicamente pode ser expresso através da equação:

$$E^* = E' + j.E'' \quad \text{ou} \quad E^* = |E^*| \cdot e^{j.\theta} \quad (2.35)$$

onde:

$E^*$  : módulo complexo;

$E'$  :  $(\sigma_0 / \varepsilon_0) \cdot \cos \phi$ ;

$E''$  :  $(\sigma_0 / \varepsilon_0) \cdot \sin \phi$ ;

$j$  : número imaginário;

$\sigma_0$  : pico de tensão dinâmica induzida;

$\varepsilon_0$  : pico de deformação recuperável;

$\phi$  : ângulo de fase entre a tensão aplicada e a deformação elástica correspondente.

O valor absoluto  $|E^*|$  do módulo complexo é conhecido como módulo dinâmico e pode ser obtido pela expressão.

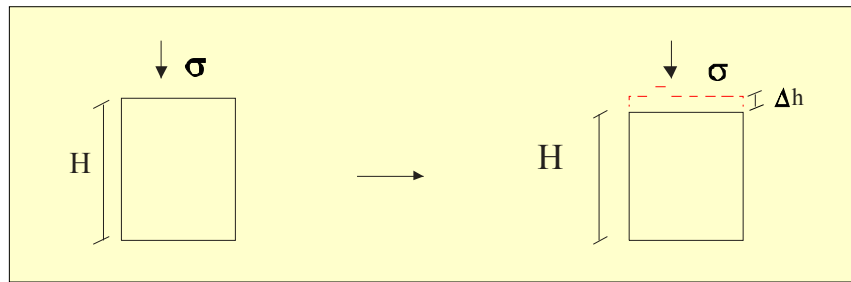
$$|E^*| = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_0} \quad (2.36)$$

O parâmetro  $|E^*|$  tem sido a base para o desenvolvimento de modelos de previsão para a caracterização da resposta tensão-deformação de misturas betuminosas, especialmente, nos trabalhos de pesquisa americanos (FONSECA, 1995).

Segundo Mamlouk e Sarofim (1989), do ponto de vista teórico, tanto o módulo complexo quanto o módulo dinâmico não são apropriados para utilização em análises elásticas de multicamadas, pois eles não representam parâmetros puramente elásticos. No entanto, o módulo complexo pode ser utilizado em modelos de pavimentos visco-elásticos, em que a resposta em relação ao tempo é considerada.

#### 2.2.3.4 Módulo de Resiliência

Alguns materiais utilizados em pavimentação, tendem a uma estabilização das deformações após diversas aplicações de carga. Ou seja, as deformações decorrentes do carregamento repetido tendem a se tornar recuperáveis ou elásticas, e, por isso, o material pode ser considerado como tendo um comportamento linear sob certas condições.



**Figura 2.29:** Esquemático do ensaio de módulo de resiliência

Onde,

$H$  : Altura inicial do corpo de prova;

$\sigma$  : tensão aplicada ao corpo de prova;

$\Delta h$  : Redução da altura do corpo de prova;

$\varepsilon_r$  : Deformação específica axial resiliente correspondente a um número particular de repetição da tensão.

$$\varepsilon_r = \frac{\Delta h}{H} \quad (2.37)$$

O módulo de resiliência  $M_r$  é a razão entre a tensão aplicada e a deformação recuperável correspondente:

$$M_r = \frac{\sigma}{\varepsilon_r} \quad (2.38)$$

A obtenção do módulo de resiliência em laboratório pode ser feito pelos métodos de ensaio axial ou triaxial e indireto ou diametral.

- Método axial – Consiste na aplicação repetida de pulsos de cargas axiais, num corpo de prova cilíndrico, com as tensões de confinamento nulas.
- Método triaxial – Neste ensaio a tensão de confinamento não é nula e sim constante em todas as direções.

Segundo Mamlouk e Sarofim (1989), o módulo de resiliência pode ser utilizado como parâmetro em análises de camadas elásticas de pavimentos com o grau de acurácia elevado.

No entanto, o método axial ou triaxial é padronizado apenas para solos de subleito e camadas não tratadas quimicamente (AASHTO T-274).

- Método indireto ou diametral

No ensaio para a determinação do módulo diametral (DNER 131/94 e ASTM D4123), um pulso de carga é aplicado vertical e diametralmente em um corpo de prova tipo Marshall de uma mistura betuminosa. A deformação horizontal, é registrada assumindo um comportamento linear, a relação entre a carga aplicada e a deformação recuperável registrada fornece o módulo de resiliência.

O módulo de resiliência ( $M_r$ ) de misturas asfálticas é, por definição, a relação entre a tensão de tração normal ao plano vertical diametral e a respectiva deformação específica no plano diametral horizontal.

O método admite que ocorre no corpo de prova um estado plano de tensões, que somente ocorre quando a espessura do corpo de prova é pequena quando comparada ao seu diâmetro. A validade desta hipótese é questionável quando são utilizados corpos de prova do tipo Marshall (MAMLOUK e SAROFIM, 1989).

Os centros de pesquisa no Brasil utilizam para a determinação do módulo resiliente de misturas asfálticas o equipamento usado nos ensaios para a determinação dos parâmetros relacionados à fadiga das misturas betuminosas.

### 2.3 MODELOS DE FADIGA

Os pavimentos flexíveis são constituídos por camadas granulares, subjacentes a revestimentos betuminosos. O revestimento betuminoso sofre o dano por fadiga em função da repetição do tráfego. Os modelos de fadiga prevêm o número de repetições da carga para atingir o trincamento.

Os modelos básicos relacionam às tensões ou deformações de tração que ocorrem nos pontos críticos do pavimento projetado com o número de solicitações das cargas externas e podem ter várias representações conforme explicitado a seguir (Franco, 2000).

### 2.3.1 Modelo da SHELL OIL

O modelo de fadiga (NFAT) utilizado, foi concebido a partir de dados obtidos em ensaios realizados a deformação controlada em 13 misturas betuminosas diferentes, representando camadas de base ou superficiais aplicadas em diversos países. O carregamento utilizado nos ensaios foi senoidal contínuo, aplicado em vigas de 2, 3 ou 4 pontos de apoio. As deformações estimadas não diferenciam mais do que 30 a 40% dos valores medidos em campo (HUANG, 1993).

$$N_f = [0,856 \cdot V_b + 1,08]^5 \cdot \varepsilon_t^{-5} \cdot S_m^{-1,4} \quad (2.39)$$

$V_b$  : percentual de betume em volume na mistura;

$N_f$ : vida de fadiga;

$\varepsilon_t$  : Deformação específica de tração;

$S_m$ : Módulo de rigidez da mistura betuminosa em Psi.

Shook et al (1982 apud HUANG, 1993) apresentaram um novo modelo, também conhecido como modelo Shell, que substitui no modelo original do método de 1978, no qual substitui-se o módulo de rigidez pelo módulo dinâmico e eliminou o parâmetro teor de betume como variável de entrada, generalizando o modelo:

$$N_f = 0,0685 \cdot \varepsilon_t^{-5,671} \cdot E^{-2,363} \quad (2.40)$$

Onde,

$N_f$ : vida de fadiga;

$\varepsilon_t$  : deformação específica de tração;

$E$  : módulo dinâmico da mistura betuminosa, em psi.

Como o modelo desenvolvido pela Shell faz parte do seu método de dimensionamento, admite-se que a sua calibração e validação estejam incorporadas à expressão. Com isto o número calculado pelo modelo é o número de repetições de carga de roda para o pavimento, no campo, atingir a ruptura.

### 2.3.2 Modelo MS-1

O Modelo MS-1, do Instituto do Asfalto dos Estados Unidos, de 1969 (oitava edição), é reeditado pela nona vez em 1982. O Método de dimensionamento foi desenvolvido para estruturas com camadas de concreto Betuminoso ou tratadas com emulsão asfáltica.

A lei de fadiga foi obtida a partir de um conjunto de dados de ensaios de laboratório, realizados à tensão controlada de flexão repetida e calibrada com dados de seções selecionadas da AASHO Road Teste.

A relação entre as deformações de tração e o número de repetições de carga até a ruptura é dada pela equação a seguir.

$$N = 18,4 \cdot C \cdot \left[ 4,325 \cdot 10^{-3} \cdot (\varepsilon_t)^{-3,291} \cdot |E^*|^{-0,854} \right] \quad (2.41)$$

Onde,

$$C = 10^m$$

$$M = 4,84 \cdot \left( \frac{V_{asf}}{V_{ar} + V_{asf}} - 0,69 \right)$$

$V_{asf}$  : teor de asfalto em volume na camada betuminosa;

$V_{ar}$  : volume de vazios com ar na camada betuminosa;

$N$  : número de repetições de carga para atingir a ruptura por fadiga;

$\varepsilon_t$  : deformação específica de tração da camada asfáltica;

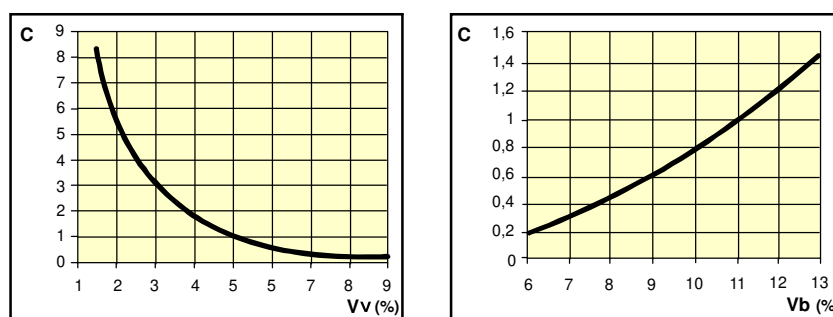
$|E^*|$  : módulo dinâmico da camada asfáltica, em psi.

O fator 18,4 na expressão pode ser entendido como fator de calibração campo-laboratório que permite estimar o número mínimo de repetições de carga de eixo simples equivalente de 80 KN, para que o pavimento acumule um dano equivalente a uma área trincada por fadiga de pelo menos 20% em relação à área total (THE ASPHALT INSTITUTE, 1982).

O fator C foi incluído no modelo para refletir a influência dos parâmetros da mistura tais como volume de vazios e teor de asfalto no comportamento de fadiga. Verifica-se pelos gráficos da figura (2.30) que o ciclo de vida em relação à fadiga reduz, significativamente, com o aumento do volume de vazios ou com redução do teor em volume de ligante na mistura.

Adotando-se parâmetros de mistura betuminosa como teor em volume de betume na mistura de 11% e volume de vazios de 5%, obtém-se o valor de M igual a 0 e C=1. Com isto a equação será:

$$N_f = 0,0796 \cdot (\varepsilon_t)^{-3,291} \cdot |E^*|^{-0,854} \quad (2.42)$$



**Figura 2.30:** Variação do Coeficiente C do modelo do Manual MS-1 do Instituto do Asfalto dos Estados Unidos

### 2.3.3 Modelo Salomão Pinto

O Modelo de Pinto (1991) foi desenvolvido a partir das seguinte premissas:

Nº de ensaios : 82 ensaios de 6 misturas asfálticas com ligantes diferentes e só tipo de agregado

Método de ensaio : diametral

Tipo de carregamento : tensão controlada

Temperatura do ensaio : 25°C

Aplicação da carga : 60 pulsos por minuto e 0,14 seg. de duração.

A equação obtida por Pinto é dada pela expressão:

$$N_{lab} = 9,07 \cdot 10^{-9} \cdot \left( \frac{1}{\varepsilon_t} \right)^{2,65} \cdot \left( \frac{1}{MR} \right)^{-0,033} \quad (2.43)$$

Onde,

$N_{lab}$  : é a vida de fadiga em laboratório;

$\varepsilon_t$  : é a deformação específica de tração;

$M_R$  : é o módulo de resiliência da mistura betuminosa, em kgf/cm<sup>2</sup>

A calibração do modelo foi feita com observações realizadas na rodovia BR-101/RJ.

Atualmente, vários órgãos e institutos de pesquisa vêm utilizando o coeficiente  $f_{cl}$  igual a  $10^4$  como fator campo-laboratório para o modelo de Pinto (1991), que corresponde a cerca de 20% da área trincada do pavimento a uma temperatura de 54°C e em termos de  $\Delta \sigma$ .

#### 2.3.4 Modelos Recomendados pelo DNIT

Os Modelos são baseado nas deformações e tensões de tração admissíveis na fibra inferior da camada de reforço, a partir do número N de repetições de carga do eixo padrão com os fatores de veículos da AASHTO.

Na Tabela 2.10 são reproduzidos os modelos de fadiga que constam no Manual de Restauração de pavimentos asfálticos do DNIT (2006).



**Tabela 2.10:** Modelos de Fadiga adotado pelo DNIT*FÓRMULA GERAL*

$$N_f = a (1/\epsilon t)^b \text{ ou}$$

$$\epsilon t (\text{Limite}) = A.N_f^B, \text{ em que, } A = a^{1/b}$$

$$B = -1/b$$

<i>Nº</i>	<i>AUTORES</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>A</i>	<i>B</i>
1	Belgian Road Research Center (BRRC)	$4,856 \times 10^{-14}$	4,762	$1,6 \times 10^{-3}$	-0,21
2	Federal Highway Administration (FHWA)	$9,7255 \times 10^{-15}$	5,163	$1,931 \times 10^{-3}$	-0,19
3	Transport and Road Research Laboratory (TRRL)	$1,71 \times 10^{-10}$	4,32	$5,484 \times 10^{-3}$	-0,231
4	ULLIDTZ (Denmark)	$1,41 \times 10^{-15}$	5,62	$2,279 \times 10^{-3}$	-0,178
5	NAASRA (Austrália)	$5,76 \times 10^{-13}$	5,00	$3,566 \times 10^{-3}$	-0,20
6	B,W,Porter/T,W,Kennedy (university of Texas)	$1,85 \times 10^{-5}$	3,04	$2,77 \times 10^{-2}$	-0,329

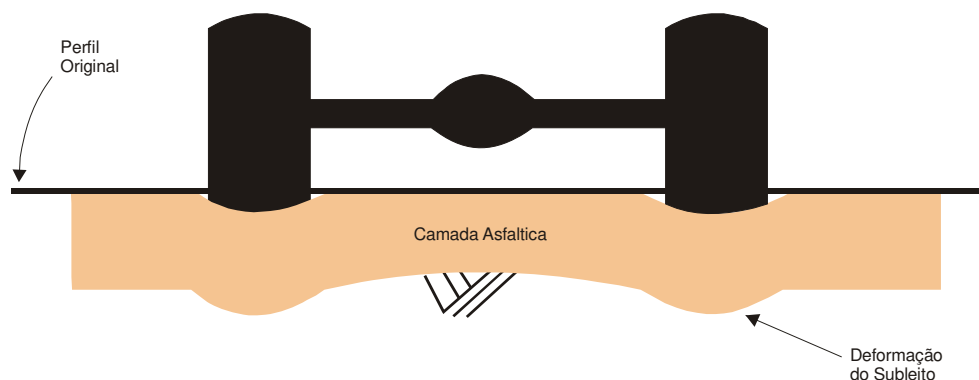
### 2.3.5 Modelos de Deformação Permanente

Toda vez que o pavimento é solicitado, pela passagem de um veículo, ocorre uma deformação total dividida em uma parcela elástica ou recuperável e uma permanente. A deformação permanente é representada pelo acúmulo de pequenas parcelas de deformação que não podem ser recuperadas após cessada a aplicação do esforço.

O Afundamento de trilha de roda é a forma mais comum de deformação permanente, e tem duas causas principais:

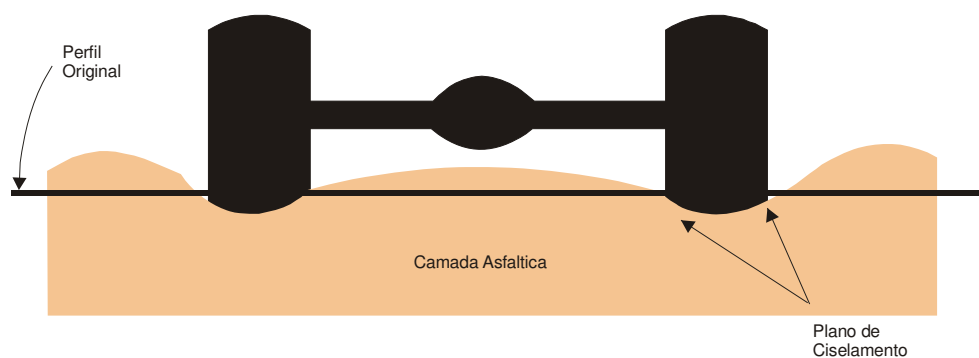
- Afundamento causado pela repetição de tensões aplicadas no subleito, sub-base e base, com contribuição relativa de cada uma destas camadas para a deformação permanente total. Uma maneira de minimizar este efeito é aumentar a energia de compactação ou GC das camadas do pavimento.

Na figura (2.31) está apresentado o esquema do afundamento por deformação do subleito ou camadas pouco compactadas.



**Figura 2.31:** Deformação causada por subleito (ou camadas de pavimentos pouco compactadas ou inadequadas)

- Afundamento resultante do acúmulo de deformação na camada betuminosa. É causado pela pequena resistência ao cisalhamento da camada de revestimento, insuficiente para resistir a passagem repetidas de veículos. Figura 2.32.



**Figura 2.32:** Deformação causada por mistura asfáltica.

O afundamento de trilha de roda é um fenômeno característico de altas temperaturas. Isto é, ocorre preferencialmente, no verão com as altas temperaturas. Embora isto possa sugerir que o afundamento seja um problema apenas do ligante asfáltico, é mais certo correlacioná-lo com o binômio agregado mineral-asfalto.

A equação de Mohr-Coulomb, pode ser utilizada para ilustrar como ambos os materiais afetam o afundamento, conforme expressão seguinte:

$$\tau = C + \sigma \cdot \text{tg}\varnothing \quad (2.44)$$

Onde:

$\tau$  : Resistência ao Cisalhamento;

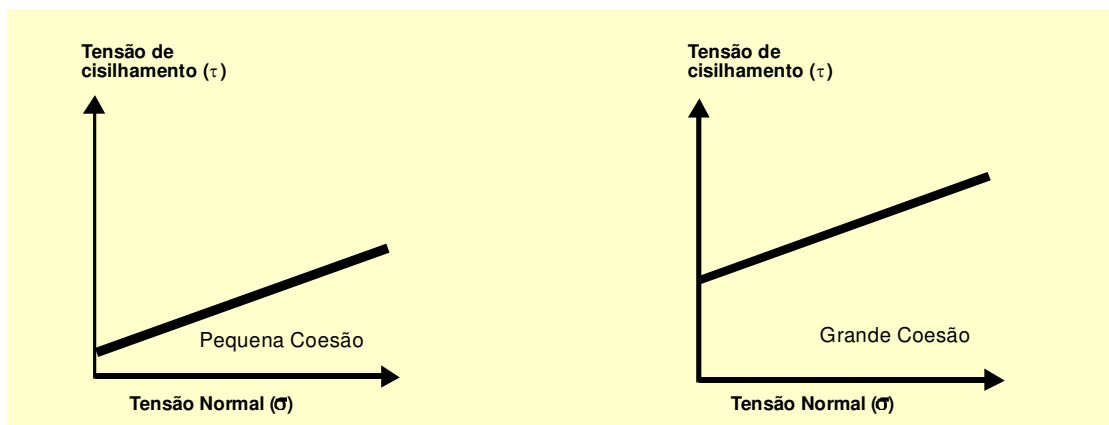
C : Coesão;

$\sigma$  : Tensão Normal;

$\varnothing$  : Atrito interno.

O termo ligado a Coesão (C) pode ser considerado a contribuição global do cimento asfáltico sobre a resistência ao cisalhamento da mistura. A seleção de um asfalto mais duro, assegura que a mistura tenha uma melhora na resistência ao cisalhamento.

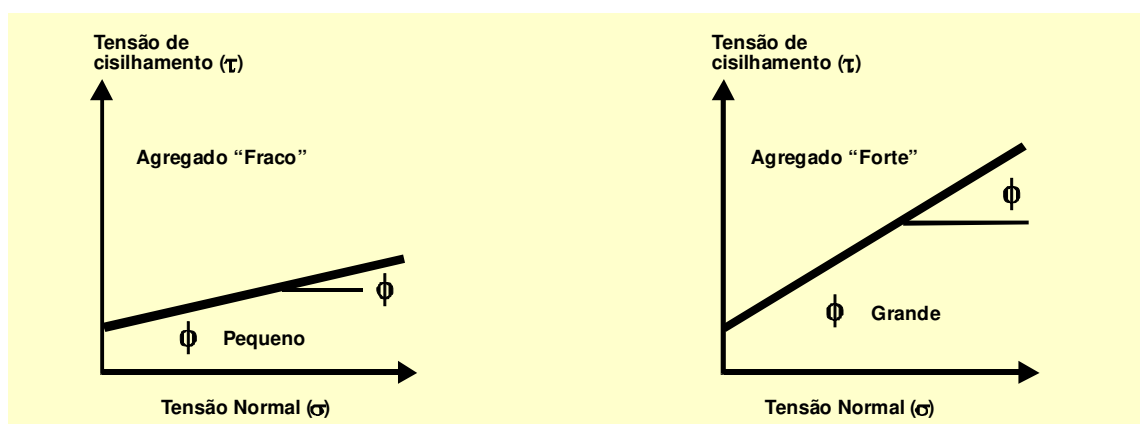
Na figura 2.33 é apresentada a comparação entre a contribuição do asfalto à resistência ao cisalhamento da mistura (Motta; Toniai; Leite e Constantino, 1996).



**Figura 2.33:** Comparação da contribuição do asfalto à resistência ao cisalhamento da mistura

Outra forma de aumentar a resistência ao cisalhamento de uma mistura é selecionar um agregado que possua alto valor de ângulo de atrito interno ( $\varnothing$ ). Isto é obtido selecionando-se um agregado cúbico, que possua superfície áspera e britada de modo a intensificar o contato partícula-partícula.

Na figura 2.34 apresentada esquematicamente a contribuição dos agregados à resistência ao cisalhamento da mistura.



**Figura 2.34:** Comparação da contribuição do atrito interno do agregado ao cisalhamento da mistura.

Os ensaios triaxiais de carga repetida e os com simuladores de tráfego são utilizados para avaliar a relação entre o número de solicitações do carregamento e a deformação permanente acumulada. Estão relacionados na Tabela 2.11 alguns modelos para solos e materiais de base, sub-base e sub leito.

**Tabela 2.11:** Modelos para Determinação da Deformação Permanente

Modelo	Subleito	Sub-base	Base	Revestimento Asfáltico
Cardoso e outros (1987)	$\frac{\varepsilon_p(N)}{\varepsilon_r} = \alpha N^\mu$ $0,70 \leq \alpha \leq 0,90$ $0,01 \leq \mu \leq 1,20$	$\frac{\varepsilon_p(N)}{\varepsilon_r} = \alpha N^\mu$ $0,90 \leq \alpha \leq 1,00$ $0,10 \leq \mu \leq 0,30$	$\frac{\varepsilon_p(N)}{\varepsilon_r} = \alpha N^\mu$ $0,90 \leq \alpha \leq 1,00$ $0,10 \leq \mu \leq 0,30$	$\frac{\varepsilon_p(N)}{\varepsilon_r} = \alpha N^\mu$ $0,45 \leq \alpha \leq 0,90$ $0,10 \leq \mu \leq 0,50$
Santos (1988), segundo Franco. Para $\sigma_3 = 1,05 \text{ kg/cm}^2$ e $\sigma_d = 3,15 \text{ kg/cm}^2$ , para solos lateríticos.	$\varepsilon_p = 3 \times 10^{-3} N^{0,10}$	$\varepsilon_p = 2 \times 10^{-3} N^{0,06}$	$\varepsilon_p = 5 \times 10^{-3} N^{0,11}$	-
Modelo de Mota (1991)	$E_p = 2,2 \times 10^{-3} N^{0,081}$			
Modelo de Ayres (1997)	-	-	-	$\text{Log} \left[ \frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_r} \right] = -4,80661 + 2,58155 \log(T) + 0,42956 \log(N)$

Onde:

$\varepsilon_p(N)$ : deformação permanente na n-ésima repetição de carga;

$\varepsilon_p$  : acúmulo de deformações permanentes;

- $\varepsilon_r$  : deformação específica;  
 N : número de aplicações de carga;  
 T : temperatura, em °F.

A previsão da deformação permanente de forma indireta pode ser considerada através de tensões verticais e deformações, causadas pelas cargas aplicadas nos pavimentos.

A limitação da tensão vertical no topo do subleito é um critério bastante utilizado, devido ser a camada de menor resistência ao cisalhamento e, portanto, com aptidão para plastificação.

Na Tabela 2.12 estão relacionadas algumas expressões da literatura para o controle da deformação permanente durante o dimensionamento de um pavimento.

**Tabela 2.12:** Equações para Determinação da Tensão Vertical limite no topo do Subleito (DNIT, 2006)

<i>Modelo</i>	<i>Equação</i>
Heukelom e Klomp, para pavimento dimensionados pelo método CBR	$(\sigma_v)_{adm} = \frac{0,006Mr}{1 + 0,70 \log N}$
“Shell Oil” (1999) para confiabilidade de 85% e 95%	$\varepsilon_v = 2,1 \times 10^{-2} (N_f)^{-0,25}$ $\varepsilon_v = 1,9 \times 10^{-2} (N_f)^{-0,21}$
“Asphalt Institute”	$N_f = 1,365 \times 10^{-9} \left( \frac{1}{\varepsilon_v} \right)^{4,477}$
“Laboratoire Central des Ponts et chaussées”. França	$N_f = 2,227 \times 10^{-9} \left( \frac{1}{\varepsilon_v} \right)^{4,505}$
Santucci, Califórnia, EUA	$N_f = 1,338 \times 10^{-9} \left( \frac{1}{\varepsilon_v} \right)^{4,484}$

Onde:

- $\varepsilon_v$  : Deformação específica vertical de compressão no topo do subleito (cm/cm);  
 $\sigma_v$  : Tensão vertical de compressão no topo do subleito (Km/cm<sup>2</sup>);  
 Mr : Modulo de resiliência do material do subleito (Kg/cm<sup>2</sup>);  
 N<sub>f</sub> : Número equivalente de solicitação da carga do eixo rodoviário para produzir nas trilhas de roda uma deformação máxima da ordem de 13mm.

## CAPÍTULO 3: MODELAGEM EM PAVIMENTOS

As abordagens empíricas, envolvendo ensaios e modelos de comportamento para avaliação de pavimentos, apesar da importância histórica, tendem a ser substituídos por modelagem mecanística ou mecanística empírica nas diversas atividades envolvidas na engenharia dos pavimentos. As razões para tal evolução incluem o desenvolvimento de técnicas de gerenciamento de processos que incluem novos equipamentos e produtos para a realidade econômica e ambiental que o mundo contemporâneo hoje está inserido. Também é relevante considerar que numa abordagem sistêmica, aplicada à análise de pavimentos assim como em outras estruturas, para assegurar o sucesso da solução obtida pelo procedimento escolhido (adotado), é necessário que:

1. O arcabouço conceitual (marco teórico de referência) seja adequado para modelar o fenômeno analisado (comportamento do pavimento). Envolve a seleção de modelo tensão-deformação da estrutura e de um método resolução adequados ao problema formulado pelo modelo utilizado. Aqui estão incluídos os métodos numéricos e recursos computacionais (software, hardware, periféricos, etc.) empregados;
2. Os parâmetros utilizados na modelagem (caracterização mecânica) sejam convenientemente caracterizados (condições ambientais, estado de tensões, etc.), ou até mesmo admitidos valores aproximados, baseados na experiência do projetista;
3. Seja definido um critério para análise de desempenho. Os modelos do tipo analítico-empíricos em termos do comportamento tensão-deformação devem ser adequadamente formulados, calibrados e validados;
4. O processo construtivo empregado assegure a reprodução das hipóteses adotadas pela formulação teórica empregada.

As propriedades dos materiais, utilizadas em qualquer método de projeto devem ser avaliadas em ensaios que simulem, tão próximo quanto possível (em termos práticos), as condições que ocorrem sob a ação de uma carga móvel, bem como os efeitos ambientais (temperatura e umidade) que existem no campo. Dessa forma, o grau em que os resultados de ensaios de laboratório podem ser justificadamente utilizados em análises estruturais depende do quanto os métodos de ensaio modelizam aquelas condições. Assim, o controle de qualidade do processo construtivo deve ser conduzido por especificações técnicas, exigindo valores limites para as propriedades de materiais e produtos obtidos, definindo as condições de aceitação dos

serviços e envolve, geralmente, a geometria e a determinação de parâmetros de caracterização para o elemento construído.

Os efeitos ambientais podem afetar o desempenho de um pavimento, na medida em que variações de temperatura podem provocar expansão (aumento de temperatura) ou contração (diminuição de temperatura) com conseqüente aparecimento de trincas na superfície, além de alterações nas propriedades reológicas das misturas asfálticas. A água na forma de umidade das camadas, pode, em certos solos, contribuir para aparecimento de fenômenos relacionados à expansão e contração.

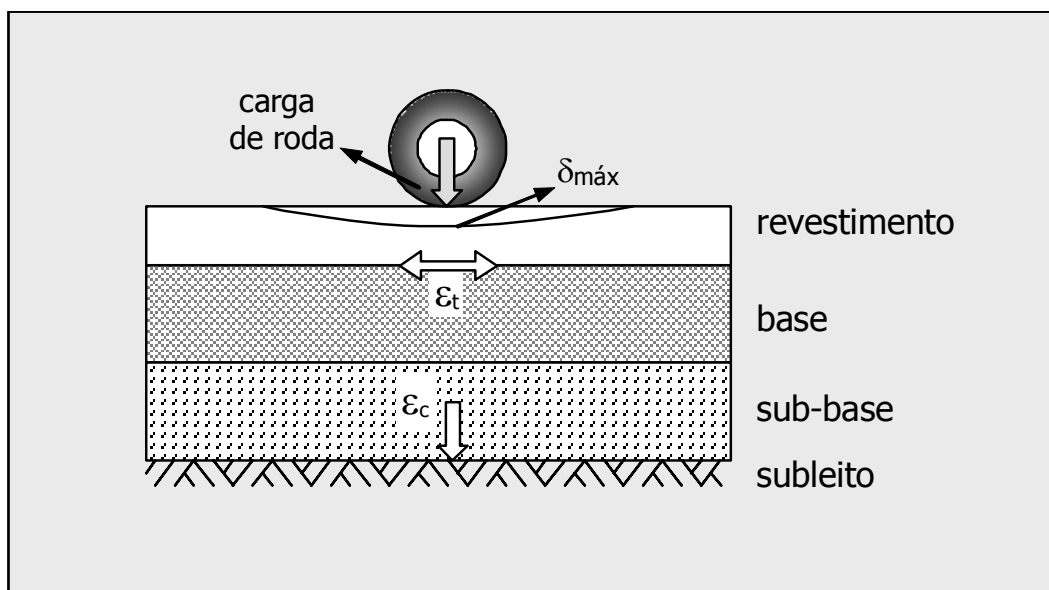
Uma série de estudos indica que o desempenho de um pavimento pode ser relacionado a tensões, deformações e deflexões calculadas por teorias, onde se utilizam propriedades dos materiais determinadas experimentalmente. Assim, é desejável que um método de projeto e de avaliação de pavimentos inclua ou se baseie em teorias que levem em conta o comportamento mecânico da estrutura do pavimento, já que esta é a forma mais segura pela qual o método poderá ser aplicado a condições variadas de clima, tráfego, propriedades dos materiais, práticas construtivas e de manutenção.

O conhecimento técnico necessário para se desenvolver tal método já se encontra disponível. Contudo, para sua aplicação, um número maior de variáveis deve ser considerado, como: a distribuição de eixo com o tempo, ao longo do dia e no decorrer de um ano. Esta informação é necessária, principalmente, devido ao efeito que a temperatura e outros fatores ambientais podem ter na deformabilidade e propriedades de fadiga dos materiais de pavimentação.

Numa avaliação mecânica são necessárias a utilização de uma teoria conceitual adequada associada com metodologia apropriada (campo/laboratório) para fornecimento dos parâmetros de engenharia requeridos pelo marco teórico empregado; além de modelos de comportamento para previsão de desempenho da estrutura avaliada. Assim como acontece com outras estruturas (edifícios, pontes, túneis, etc.), os pavimentos também estão submetidos a tensões, deformações e deslocamentos provocados, neste caso, por cargas estáticas e móveis. Dentre os principais parâmetros utilizados no dimensionamento de pavimento estão: ***deslocamento***

*no topo do revestimento, deformação/tensão de tração sob o revestimento e tensão vertical no topo do subleito.*

A **Figura 3.1** apresenta a forma mais comum de representação de um pavimento e as principais deformações e deslocamentos atuantes no interior da estrutura.



**Figura 3.1:** Esquema representativo das tensões, deformações e deslocamentos em pontos críticos de um pavimento asfáltico (FRANCO, 2007)

A utilidade principal dos métodos teóricos de análise estrutural de pavimentos é a de fornecer informações sobre as respostas imediatas do pavimento, para o que são necessários os elementos mostrados na Figura 3.2, a qual constitui um subsistema estrutural de projeto e avaliação de pavimentos.

As propriedades dos materiais, assim como algumas das variáveis de entrada para um modelo teórico, são de natureza estocástica. Assim, o modelo empregado deve ser capaz de fornecer solução probabilística para um dado problema, na forma de um valor médio e variância para as tensões, deformações e deslocamentos.

Para determinação dos parâmetros de dimensionamento são utilizadas diversas teorias envolvendo relações constitutivas que contemplam desde a elasticidade linear até modelos complexos não lineares dependentes do tempo. Entretanto, a cada passo que é dado em busca de modelagem mais representativa se esbarra nas limitações existentes para obtenção das



propriedades requeridas pelo processo de análise empregado. Em razão disso, a mecânica dos pavimentos ainda é um problema complexo devido a geometria e as condições de contorno envolvidas, apesar dos avanços computacionais para agilizarem os cálculos através de softwares e hardwares apropriados. Tais dificuldades certamente inibiram durante muito tempo a utilização de procedimentos mecânicos para avaliação de pavimentos asfálticos e de concreto em suas diversas feições.

Nos últimos 30 anos foram desenvolvidos vários programas computacionais na tentativa de acelerar as soluções tensão-deformação de sistemas em camadas. Uma maior utilização destes métodos, aliada a maior capacidade de processamento dos microcomputadores permitiu a evolução para análises mais complexas. Este avanço vem sendo beneficiado pelo desenvolvimento de interfaces gráficas que facilitam a visualização e interpretação dos resultados.

Nas abordagens mais simples, no caso de considerar materiais com comportamento elástico linear, as tensões e deformações podem ser calculadas através de teorias considerando meios homogêneos, isotrópicos e lineares. Tais teorias admitem que a carga de roda tem formato circular e que a estrutura do pavimento se estende infinitamente na direção horizontal. Devido a simplificação decorrente da linearidade, o caso de rodas múltiplas pode ser calculado (tensões, deformações e deslocamentos) considerando a superposição das respostas devidas a cada carga de roda individualmente. Algumas hipóteses são comuns a quase todas as teorias até hoje desenvolvidas. Além de serem baseadas na teoria da elasticidade, a carga aplicada é tratada como um carregamento estático e as camadas inferiores de pavimento fornecem um apoio contínuo às camadas sobrepostas.

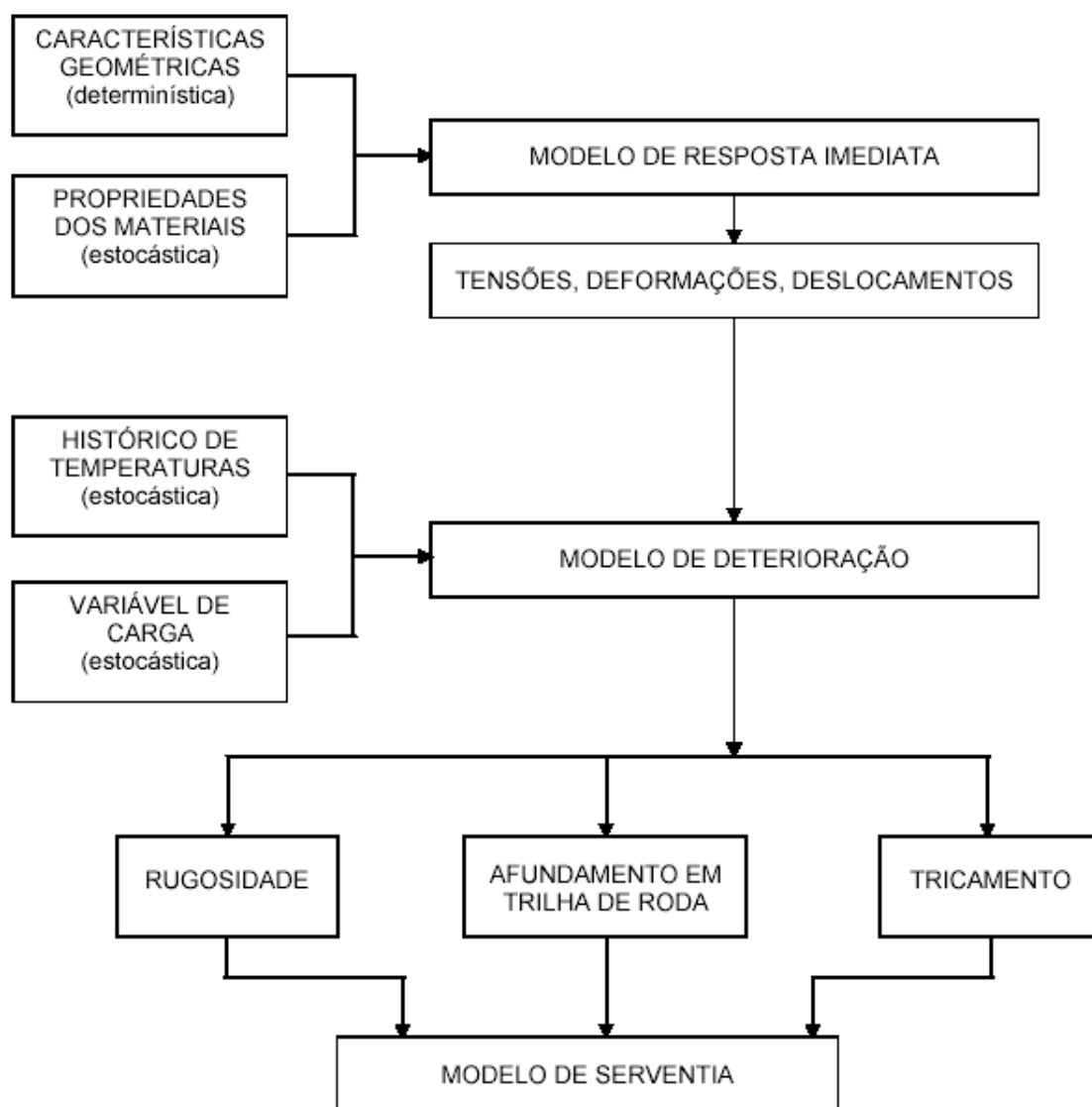


Figura 3.2 - Sistema para Avaliação Estrutural de Pavimentos (RODRIGUES, 1989)

Os sistemas de equações, oriundos das diversas teorias empregadas são resolvidos com algoritmos numéricos (diferenças finitas, elementos finitos, camadas finitas, elementos de contorno, elementos infinitos). Destes, o mais utilizado para análise de pavimentos é o Método dos Elementos Finitos (MEF) nas mais diversas versões em softwares existentes nos meios acadêmicos e comerciais. Contudo, a maioria dos programas contempla apenas configurações bidimensionais axissimétricas, requerendo obrigatoriamente o emprego da superposição de efeitos para consideração de cargas com múltiplas rodas, não adequada para análise de problemas não lineares como acontece nas camadas de pavimentos.

As considerações até aqui apresentadas permitem observar que a análise de pavimentos é um problema analítico-estrutural envolvendo geometria tridimensional, materiais não lineares com comportamento tensão x deformação dependente do tempo e submetido a carregamento transiente, cuja resolução requer o emprego de ferramenta adequada. O comportamento dos materiais é afetado por condições ambientais (temperatura e umidade) e quando submetidos a carregamento exibem deformações elásticas, plásticas e viscosas. É bem conhecido o fato de que as misturas asfálticas têm um comportamento viscoelástico linear (HUANG, 2003). Assim, suas respostas mecânicas exibem dependência do tempo e da taxa de aplicação do carregamento, fazendo com que a consideração de seu comportamento, como elástico, não seja realista. Portanto, as respostas estruturais do pavimento (tensões e deformações) podem ser mais precisamente preditas pela consideração da natureza viscoelástica da mistura asfáltica.

Uma das vantagens da abordagem numérica, principalmente o método dos elementos finitos (MEF), para resolver problemas mais complexos, é a variedade de modelos constitutivos para representação do comportamento mecânico de materiais como: elásticos lineares, elásticos não-lineares, elasto-plásticos, viscoelásticos, viscoplásticos.

Ao contrário das abordagens analíticas o MEF necessita definir, no espaço de análise, uma área horizontal e verticalmente limitada. Esta é a principal dificuldade do modelo, pois a localização da base e dos contornos laterais da malha deve estar o mais distante possível da carga do veículo, fazendo com que o número de elementos cresça. Uma das soluções encontradas por alguns autores (Rede Asfalto N/NE, 2007) é substituir os elementos mais distantes da malha por elementos infinitos. Os modelos de elementos finitos tridimensionais são considerados, atualmente, a aproximação mais adequada para entender o comportamento dos pavimentos flexíveis, na medida que podem superar limitações dos modelos analíticos e dos modelos de elementos finitos 2D. A estrutura do pavimento é modelada como sistema multicamadas com diferentes propriedades de material em cada camada. Elementos de interface ou molas podem ser usados nas interfaces entre camadas a fim de transferir o cisalhamento existente entre elas. Porém as condições de contorno devem ser adequadamente controladas para obtenção de resultados acurados para análise de comportamento de pavimentos.

A solução de um problema estrutural em pavimentos tratada através de MEF envolve três etapas:

- i. pré-processamento: entrada de dados;
- ii. processamento: análise;
- iii. pós-processamento: visualização e interpretação dos resultados.

Para obter eficiência na análise é necessário o desenvolvimento e emprego de rotinas computacionais, envolvendo técnicas de computação gráfica.

Os métodos mecanísticos ou mecanísticos-empíricos são divididos em duas partes: (i) uma parte mecanística relacionada a determinação da distribuição de tensões e deformações nas camadas do pavimento devido ao carregamento; ii) outra empírica relacionando a resposta estrutural aos defeitos por meio de modelos de desempenho, as chamadas funções de transferência (transfer functions). Essas funções relacionam a resposta estrutural ao desempenho do pavimento. Contudo, como as tensões, deformações e deflexões, previstas para um dado pavimento, não são as mesmas para todos os modelos estruturais, as funções de transferência dependem do modelo e devem ser desenvolvidas e utilizadas em conexão com o modelo aplicado no método de projeto (ELLIOTT e THOMPSON, 1985).

A análise de desempenho estuda a evolução da degradação (dano) durante período de operação. Neste aspecto são considerados três modos de deterioração:

- trincamento térmico;
- trincamento por fadiga ou por reflexão;
- afundamentos plásticos.

A modelagem do surgimento e propagação de trincas constitui mais um problema para a Mecânica Computacional<sup>1</sup>. A mecânica da fratura torna-se mais complexa no caso de misturas betuminosas cujo comportamento é heterogêneo e dependente do tempo. Assim o mecanismo

---

<sup>1</sup> A mecânica computacional - área multidisciplinar com finalidade de desenvolver tecnologia aplicando conhecimentos de matemática, mecânica (sólidos, fluidos e transferência de calor) empregando técnicas e dispositivos computacionais para simulação de fenômenos físicos e análise de problemas das engenharias estrutural, de petróleo, aeronáutica, ambiental, nuclear governados pelas leis da mecânica. As simulações e os projetos em mecânica computacional são analisados com a utilização de computação gráfica, modelagem geométrica, métodos numéricos e engenharia de software.

de evolução do dano deve contemplar a origem, formação e propagação de defeitos levando-se em consideração peculiaridades dos materiais empregados.

### 3.1 ANÁLISE DE FADIGA

Para verificar a suscetibilidade de uma camada asfáltica ou cimentada em sofrer trincamento por fadiga, num certo projeto, bem como estimativas de sua vida de fadiga, deve ser calculado algum parâmetro de resposta da camada às solicitações que tenha correlação com a deterioração estrutural gradual pela repetição dessas solicitações. Os seguintes parâmetros têm se revelado significativos para esse fim:

- i. deflexão máxima na superfície;
- ii. tensão ou deformação máxima de tração;
- iii. densidade de energia de deformações.

Para o projeto de pavimentos com bases cimentadas, uma série de procedimentos tem sido desenvolvida, em que as tensões máximas de tração produzidas pelas cargas de eixo são calculadas pela teoria das camadas elásticas. Contudo, como estas camadas normalmente sofrem trincamento por retração já na construção, são aplicados fatores multiplicativos naquelas tensões calculadas, para levar em conta a presença de trincas.

### 3.2 ANÁLISE DE TRINCAMENTO POR REFLEXÃO

Os estudos sobre análise da propagação de trincas em camadas asfálticas e cimentadas como reflexão de trincas em outras camadas incluem a previsão do tempo necessário para a reflexão completa de trincas verticais, através de camadas de reforço asfáltico, incorporando dados obtidos do acompanhamento de trechos experimentais. Esses modelos são calibrados para condição de tráfego, clima e de materiais envolvidos. Outra aplicação prática importante destas análises é na avaliação dos efeitos de camadas intermediárias para absorção de tensões, incluídas entre uma camada trincada e a camada asfáltica de reforço. Chang et al (1999) utilizaram a viscoelasticidade linear dos materiais para previsão das tensões térmicas, concluíram que a aplicação de uma camada intermediária fina, de asfalto mole e de módulo baixo, e de uma outra, de asfalto mole e de elevado módulo de elasticidade, é a melhor solução para se retardar a reflexão de trincas.

### 3.3 DEFORMAÇÃO PERMANENTE

As análises de acúmulo de deformações permanentes utilizam as teorias elásticas como referência, acopladas à critérios obtidos de ensaios de cargas repetidas ou correlações com desempenho de trechos experimentais. As análises são feitas pela teoria de camadas elásticas ou MEF, linear ou não linear, com os módulos resilientes das camadas, e a plasticidade dos materiais é introduzida “ad hoc”. A hipótese que está por trás deste tratamento é a de que, quanto maiores forem as tensões e deformações resilientes, maiores serão as deformações permanentes geradas (PAUTE e MARTINEZ, 1982).

Em materiais granulares, para que a aplicação de uma tensão desvio possa produzir uma deformação permanente determinada, a tensão desvio deve ser tanto mais elevada quanto maior for a tensão confinante no material. A compactação de bases granulares induz elevadas tensões horizontais, cujo valor é desconhecido. Assim, se os níveis de tensão desvio aplicados pelas cargas forem suficientemente baixos, pode-se admitir um comportamento elástico para esses materiais no pavimento. Este pode ser o caso de rodovias com camadas granulares compactadas adequadamente, mas pode não ser o de aeroportos sujeitos a cargas de aeronave muito elevadas (RODRIGUES, 1989).

### 3.4 PROGRAMAS COMPUTACIONAIS EXISTENTES

Após a década de 1970, com o avanço da computação, foram desenvolvidos muitos sistemas de cálculo de tensões e deformações para pavimentos asfálticos e de concreto. Cada programa apresenta peculiaridades concernentes a base teórica, método de cálculo, hipóteses de descontinuidade, tipo de carregamento e comportamento tensão versus deformação.

A seguir estão sintetizadas as principais características dos programas de computador, para análise de estruturas de pavimentos flexíveis e semi-rígidos.

### 3.5 ELSYM5

O ELSYM5 foi desenvolvido segundo a formulação matemática da teoria da elasticidade desenvolvida por Burmister de meios semi-infinitos estratificados. Utiliza modelagem elástico-linear (Módulo de Resiliência constante) e o procedimento de cálculo é o do método das diferenças finitas.

O programa ELSYM5 foi desenvolvido na Universidade da Califórnia, em Berkeley, Califórnia, EUA. A linguagem científica utilizada foi o FORTRAN (Formula Translation), uma das primeiras linguagens aplicadas em programas para dimensionamento de pavimentos. Foi elaborado inicialmente, na década de 1970, para computadores de grande porte; e adaptado por Kopperman et al (1986) para computadores pessoais. Conforme mencionado se fundamenta nos modelos teóricos generalizados em 1943 por Burmister, possibilitando o cálculo de estruturas flexíveis e semi-rígidas de até cinco camadas superpostas e permite o cálculo das tensões, deslocamentos e deformações para um sistema tridimensional de camadas elásticas. O programa fornece as tensões horizontais, verticais e de cisalhamento máximo assim como as tensões principais em qualquer ponto do sistema. As camadas são consideradas horizontalmente infinitas, possuindo espessuras uniformes e finitas com exceção da última que possui espessura infinita. Os módulos de resiliência e coeficientes de Poisson são constantes. As possibilidades relativas às configurações de carregamento estabelecem como limite até dez cargas de rodas simples, cuja aplicação é distribuída uniformemente sobre uma área circular na superfície do sistema. O princípio da superposição de tensões e deformações é empregado na determinação dos efeitos de rodas múltiplas, a partir dos resultados calculados para uma única roda.

### 3.6 FEPAVE

O programa computacional FEPAVE (Finite Element Analysis of Pavement Structures) utiliza a formulação elástica bidimensional e axissimétrica de soluções pelo método dos elementos finitos (meio contínuo dividido em elementos fictícios de dimensões finitas, ligados entre si por pontos nodais que se assimilam a articulações sem atrito). Permite a avaliação de estruturas de pavimento com camadas múltiplas, segundo a formulação matemática advinda da teoria da elasticidade, direcionada para pavimentos de meios semi-infinitos e estratificados de até 12 camadas. Uma das vantagens do programa é a consideração

da não linearidade elástica dos módulos das camadas do pavimento, tanto na direção axial quanto radial. Além disso, o programa permite modelar o módulo da camada asfáltica em função da temperatura. Por esta razão foi decisivo o uso do FEPAVE na análise estrutural de pavimentos flexíveis que possuem espessas camadas granulares (bases de brita graduada, solo-brita, sub-bases arenosas, etc.) em que a consideração da não linearidade é essencial (MEDINA, 1997).

O FEPAVE é originário da Universidade de Berkeley, em 1968, e foi doado a COPPE em 1973. Desde sua doação, o programa tem sido uma ferramenta bastante utilizada por diversas pesquisas e dissertações de mestrado e doutorado e vem sendo atualizado constantemente, por meio de implementações mais avançadas, tais como:

- i. rotina amigável para a entrada de dados e a visualização de resultados (SILVA, 1995; BARBOSA, 2007);
- ii. rotina para análises de confiabilidade através do processo estocástico de Rosenblueth (MOTTA, 1991);
- iii. rotina que permite a utilização de diversos tipos de modelos de não linearidade de módulos dos materiais; e uma planilha eletrônica para utilizar o FEPAVE diretamente do programa Excel (FRANCO, 2000, 2004a, 2004b).

As principais características do programa são:

- análise bidimensional axissimétrica, linear e não linear;
- elementos quadrangulares formados por quatro elementos triangulares de deformação constante (CST – Constant Strain Triangle);
- na análise linear a carga de roda é dividida em quatro incrementos iguais;
- admite até 12 camadas;
- contempla variação de temperatura para as camadas betuminosas;
- as cargas devidas ao peso próprio podem ser consideradas na análise.

### 3.7 JULEA

O programa computacional JULEA (Jacob Uzan Layered Elastic Analysis), para avaliação de estruturas de pavimento flexível, foi desenvolvido por Uzan (1978). Pode ser aplicado para sistemas de múltiplas camadas submetidos a carregamentos estáticos e/ ou dinâmicos



provenientes de rodas simples ou rodas duplas de eixos simples ou eixos tandem. O comportamento tensão x deformação de cada camada é elástico-linear.

A importância de se utilizar este programa se deve ao fato de ele ter sido utilizado nos E.U.A. por Ayres (1997), em sua tese de doutorado, pela FAA (1995, 1996) no desenvolvimento do LEDFAA, e no Brasil por Franco (2000) para o desenvolvimento do PAVE (2000), no sistema REPAV de retroanálise desenvolvido por Fonseca (2002) e no AASHTO (2002).

O programa JULEA se fundamenta nos modelos teóricos de Burmister e Boussinesq generalizado, de forma a possibilitar o cálculo de estruturas flexíveis de até 8 camadas superpostas e permite o cálculo das tensões, deslocamentos e deformações para um sistema tridimensional de camadas elásticas. O programa fornece as tensões horizontais, verticais e de cisalhamento máximo, assim como as tensões principais em qualquer ponto do sistema. As camadas são consideradas horizontalmente infinitas, possuindo espessuras uniformes e finitas com exceção da última que possui espessura infinita. Os módulos de resiliência e coeficientes de Poisson são constantes. As possibilidades relativas às configurações de carregamento estabelecem que a aplicação é distribuída uniformemente sobre área circular na superfície do sistema.

### 3.8 KENLAYER

O programa computacional KENLAYER foi desenvolvido pelo professor Yang Hsien Huang da Universidade de Kentucky entre as décadas de 70 e 80, estando sempre em atualização, em virtude de sua constante utilização por seus alunos. Em seu livro Huang (2003) detalha o sistema computacional e apresenta a teoria de projeto e dimensionamento de pavimentos e metodologias desenvolvidas por várias organizações, tais como a AASHTO, PCA e IA.

É empregado para análise de pavimentos flexíveis, e pode ser aplicado para sistemas de múltiplas camadas submetidos a carregamentos estáticos ou dinâmicos provenientes de rodas simples ou rodas duplas de eixos simples ou eixos tandem. O comportamento tensão versus deformação de cada camada pode ser elástico-linear, elástico não-linear ou viscoelástico. Pode realizar análise de dano nas camadas do pavimento, a partir da divisão do ano em períodos (no máximo 24). Cada período considera um grupo de propriedades diferenciadas

dos materiais envolvidos, a partir das repetições de diferentes carregamentos axiais (máximo de 24).

O programa também é fundamentado nos modelos teóricos generalizados em 1943 por Burmister, possibilitando o cálculo de estruturas flexíveis e semi-rígidas de até 19 camadas superpostas e permite o cálculo das tensões, deslocamentos e deformações para um sistema tridimensional de camadas elásticas. As camadas são consideradas horizontalmente infinitas, possuindo espessuras uniformes e finitas com exceção da última que possui espessura infinita. Os módulos de resiliência e coeficientes de Poisson podem ou não ser constantes, dependendo do modelo adotado no projeto. As possibilidades relativas às configurações de carregamento estabelecem como limite até 24 cargas, cuja aplicação é distribuída uniformemente sobre uma área circular na superfície do sistema.

Huang (2003) incorporou três métodos para análise não linear aproximada. O primeiro método subdivide a camada de comportamento elástico não linear em subcamadas e as tensões no centro delas são utilizadas para a determinação do módulo de resiliência. No segundo método a camada não é subdividida e um ponto específico é selecionado para calcular o módulo de resiliência. O terceiro método, incorporado na nova edição do KENLAYER, a camada não é subdividida e as tensões obtidas no centro da camada, para o cálculo do módulo de resiliência, são modificadas pela teoria do círculo de Mohr-Coulomb, de modo a não exceder a resistência do material.

O primeiro método utilizado por Huang (2003) permite variar o módulo de elasticidade na direção vertical com a divisão das camadas dos materiais de comportamento elástico não linear em subcamadas. A principal diferença em relação ao MEF é que a variação dos módulos de resiliência das camadas não lineares ocorre apenas na direção vertical, não podendo variar no plano horizontal, dentro de cada subcamada. Quando o material possui comportamento visco-elástico os modelos de comportamento são ajustados para diferentes durações de carga e temperatura.

### 3.9 RIOPAVE

Aedo (1997) implementou um programa tridimensional não linear para análise de pavimentos asfálticos pelo Método dos Elementos Finitos, denominado RIOPAVE. O programa resultou

de adaptações de uma ferramenta genérica de cálculo de tensões, deformações e deslocamentos, já existente na PUC/RJ, para caracterizar o problema relacionado à pavimentação, com o aproveitamento, também, das rotinas do FEPAVE quanto à caracterização dos materiais. Considera um carregamento com diversas rodas. Nele, é possível utilizar malhas mais discretizadas e com um número superior de Elementos Finitos do tipo hexagonal com oito nós.

O RIOPAVE é apenas uma ferramenta de cálculo. Ele não possui nenhuma interface para a geração da malha de Elementos Finitos de forma automática, o que dificulta muito sua utilização. Gerar a malha de Elementos Finitos significa, além de numerar os nós e os elementos, determinar para cada nó da malha as suas coordenadas, as suas condições de contorno, as forças equivalentes às tensões que atuam nas faces dos elementos carregados e, ainda, para cada elemento, as conectividades entre os nós. No caso tridimensional esta tarefa é extremamente trabalhosa, dado o número elevado de nós e elementos.

### 3.10 CAP3D

Este programa compõe um sistema computacional integrado para modelagem, análise e visualização de pavimentos asfálticos com interface gráfica amigável. Integra projeto em desenvolvimento PC03 – Análise Numérica de Pavimentos, apoiado pela Rede N/NE de Pesquisa em Asfalto (Rede Asfalto, 2007). O programa vem sendo desenvolvido por pesquisadores da Universidade Federal de Pernambuco e Universidade Federal do Ceará utilizando a técnica de Programação Orientada a Objetos (POO) de modo a gerar um sistema computacional facilmente expansível através da definição de uma série de classes base, que podem ser facilmente derivadas e especializadas através de mecanismos de herança e polimorfismo.

O sistema CAP3D está em constante aprimoramento com objetivos de:

- i. desenvolvimento de sistema computacional integrado (modelagem, análise e visualização) para análise e projeto de pavimentos asfálticos;
- ii. desenvolvimento de previsão de dano (propagação de trincas e vida de fadiga);
- iii. implementação de análise tridimensional;
- iv. implementação de rotinas de pré e pós processamento para modelagem de pavimentos;

- v. implementação de modelos constitutivos adequados a modelagem de comportamento de pavimentos asfálticos;
- vi. validação do sistema com simulações promovidas entre situações conformes.

Atualmente o CAP3D possui a capacidade de pré e pós-processamento de dados para tratar modelos planos, axissimétricos e tridimensionais utilizando elementos de diferentes formas (triângulos, quadriláteros e hexaedros) e ordens de interpolação (linear e quadrática). O sistema é capaz de realizar análises estáticas e dinâmicas, lineares e não lineares, através de diferentes algoritmos. Todas essas feições estão integradas em interface com o usuário em plataforma Windows. Além disso, uma característica importante do CAP3D é a maneira simples e genérica de implementação dos modelos constitutivos. Continua sendo difícil o problema da implantação de modelos constitutivos resilientes. Na opinião dos pesquisadores envolvidos no projeto, a resposta tensão versus deformação de uma amostra de solo granular submetida a carregamento repetido apresenta inicialmente deformações plásticas. Observa-se que a quantidade de escoamento plástico diminui com o carregamento cíclico até que a resposta se torne essencialmente elástica. Se o nível de carga é aumentado acima do nível *shakedown*,<sup>2</sup> surge um escoamento plástico adicional, mas para cargas inferiores a este limite, a amostra exibe uma resposta elástica. Este tipo de comportamento condiciona a hipótese de que materiais granulares em camadas de pavimentos passam por *shakedown* até alcançarem uma resposta resiliente (elástica não linear) quando submetidos a cargas repetidas.

### 3.11 SisPav (Franco, 2007)

O sistema computacional SisPav, desenvolvido na COPPE/UFRJ, incorpora confiabilidade, a análise de tensões e deformações e interfaces gráficas para visualização dos resultados. Adota formulação elástico-linear e não linear, sendo os danos estimados por modelos de previsão de fadiga, deformação permanente e deformação máxima admissível no topo do subleito, adequadas às condições do país, tanto quanto possível atualmente, e considerados diversos tipos de configuração de eixos. Desenvolvido em Visual C++, versão 6.0, o programa busca alinhar a praticidade e simplificação na entrada de dados, a agilidade e velocidade nos cálculos e processamento com a apresentação em gráficos e tabelas de fácil manipulação dos

---

<sup>2</sup> A teoria do acomodamento (“shakedown”) não tem sido implementada na análise estrutural de pavimentos no Brasil por não haver, ainda, dados consistentes para a sua modelagem.

resultados. O intuito, além da disponibilidade pública do programa, é facilitar o contato de estudantes e projetistas com o processo de análise e dimensionamento mecânico-empírico de pavimentos.

O projetista pode contemplar ações climáticas para o local onde existe ou será construída a estrutura do pavimento. Ao selecionar o local, as informações sobre as temperaturas médias mensais do ar são apresentadas na tabela e no gráfico da tela. Caso o local do projeto não se encontre disponível no banco de dados interno do programa SisPav, as informações poderão ser inseridas manualmente. O banco de dados interno foi obtido das Normais Climatológicas (BRASIL, 1992). O detalhamento de tráfego é feito por eixo e por volume de tráfego no mês.

O propósito do sistema é contribuir para o dimensionamento mecânico-empírico de estruturas de pavimentos asfálticos, com base nas informações detalhadas de tráfego, das condições ambientais e das características dos materiais disponíveis. Para tanto, um conjunto de programas de computador para análise e verificação de vida de projeto de pavimentos foram desenvolvidos, o de Análise Elástica de Múltiplas Camadas (AEMC), o de Análise por Elementos Finitos Tridimensional (EFin3D) e o de dimensionamento e verificação de estruturas de pavimentos, o SisPav.

### 3.12 COMPARAÇÃO ENTRE PROGRAMAS

Muitos métodos de dimensionamento consideram a solução pela elasticidade linear, apesar do comportamento da maioria dos materiais de pavimentação sob carregamento repetido ser comprovadamente elástico não linear, como é o caso dos materiais granulares e dos solos finos. A escolha pela solução da elasticidade linear se faz pelos seguintes motivos (MOTTA, 1991; AYRES, 1997; RODRIGUES, 1998):

- é comum admitir um modelo elástico linear para as misturas asfálticas, para uma determinada temperatura;
- a teoria da elasticidade linear tem sido a base para a maior parte das aplicações práticas, podendo ser utilizada com um grau de confiança razoável, principalmente quando o pavimento possui espessas camadas asfálticas ou camadas cimentadas;
- os parâmetros necessários para a análise podem ser facilmente obtidos com os recursos disponíveis em laboratórios de solos existentes no Brasil.

Franco (2007) comparando programas baseados na teoria das camadas elásticas e método dos elementos finitos comenta:

- que as diferenças obtidas nos resultados da comparação não foram significativas. Entretanto, observam-se diferenças maiores entre os resultados obtidos pelos dois métodos quando a estrutura e o carregamento se tornam mais complexos;
- fica difícil avaliar diferenças devidas às aproximações relativas à consideração da elasticidade não linear no método da análise de múltiplas camadas uma vez que, embutidas nos resultados, existem diferenças geradas pela aproximação dos cálculos, que são próprias do MEF;
- no exemplo simulando a elasticidade não linear as diferenças encontradas entre os dois métodos foram de cerca de 20% nos valores críticos de deformação de compressão vertical no topo do subleito. Tal variação poderia influenciar no dimensionamento de um pavimento, caso o critério seja o de deformação máxima admissível no subleito;
- aumentar a quantidade de nós e elementos na malha pode gerar resultados mais próximos à solução exata, entretanto, quanto maior a discretização da malha, maior é a quantidade de memória a ser alocada no computador e maior será o tempo de processamento dos cálculos;
- o método da camadas elásticas se mostrou muito prático para as análises de pavimentos em relação ao método dos elementos finitos.

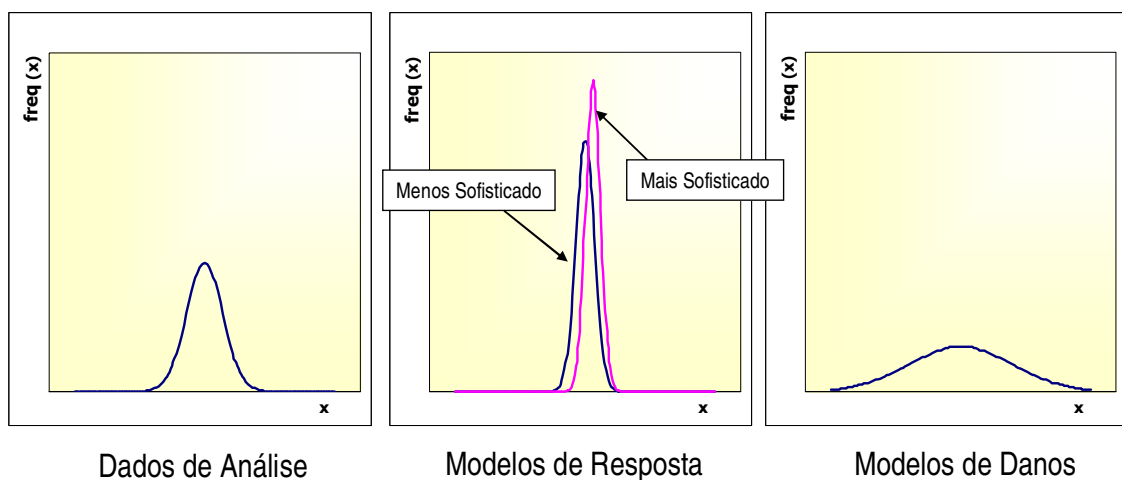
Segundo Rodrigues (1998), as análises elásticas lineares podem ser utilizadas com um grau de confiança razoável apenas no caso de pavimentos com espessas camadas asfálticas ou com a presença de camadas cimentadas. Entretanto, em pavimentos não revestidos ou com revestimentos delgados o comportamento elástico não linear devido a variação do módulo de resiliência dos materiais de pavimentação com o estado de tensões ocorre e deve ser levado em consideração.

### 3.13 INCERTEZAS NA CARACTERIZAÇÃO DA RESPOSTA DO PAVIMENTO

Segundo o NCHRP (2004), a incerteza nos modelos de resposta do pavimento é muito pequena, independente de qual método seja utilizado, quando comparada à incerteza de outras variáveis do problema do dimensionamento, tais como os parâmetros de entrada da análise

(cargas do tráfego, características dos materiais) e os modelos de danos. A Figura 3.3 ilustra a incerteza relativa entre os diversos parâmetros utilizados em uma análise de dimensionamento de pavimentos. A redução na incerteza dos resultados, para o caso da análise da elasticidade não linear, quando se utiliza o Método dos Elementos Finitos Tridimensional pode não ser compensada pelo aumento no tempo de processamento e, assim, tornar as análises ou as elaborações rotineiras de projetos não muito práticas.

Franco (2007) considerando que o objetivo de uma análise em engenharia não é a perfeição, mas sim a suficiência visando a praticabilidade, definiu o método das múltiplas camadas elásticas para ser utilizado no dimensionamento de estruturas de pavimentos com a possibilidade de se considerar a elasticidade não linear de forma simplificada apenas no plano vertical. O Guia de Projeto da AASHTO (NCHRP, 2004), o LEDFAA e o KENLAYER (HUANG, 2003) fizeram esta mesma escolha para as análises e dimensionamentos básicos. O Guia de Projeto da AASHTO (NCHRP, 2004) disponibiliza um programa que usa o MEF apenas para análise avançada.



**Figura 3.3:** Incerteza relativa entre parâmetros utilizados no dimensionamento de pavimentos (NCHRP, 2004)

### 3.14 COMENTÁRIOS COMPLEMENTARES

Muito se poderia discutir com relação ao marco teórico mais adequado para a análise do pavimento como estrutura diante de um problema real. Em princípio, deve ser avaliada a dualidade recorrente entre o rigor da idealização, tempo disponível e metas alcançadas para análise satisfatória da demanda requerida. Estabelecer um procedimento analítico adequado ao problema que se vai investigar requer um balanceamento das facetas conflitantes destes

critérios. Um pavimento é, basicamente, uma estrutura tridimensional que pode ser constituída por materiais que exibem características não lineares e dependentes do tempo, e que podem estar sujeitas a cargas atuando em qualquer parte da estrutura. Os fatores que afetam a duração da análise incluem: o grau em que a geometria do pavimento e as propriedades não lineares dos materiais são aproximadas, e o tempo requerido para se preparar e interpretar os dados associados com a técnica analítica selecionada.

O MEF oferece vantagem em relação ao sistema de camadas elásticas no caso de situações especiais, como análise de trincas ou carregamento próximo às laterais do pavimento assim como em caso de propriedades não lineares para o comportamento dos materiais quando estas análises forem julgadas convenientes para o problema em questão.

A complexidade da situação real exige contínua busca de procedimentos mais realistas para modelar o comportamento de pavimentos, de modo que as eventuais necessárias simplificações deixem explícitas as limitações da abordagem usada.

Finalmente, pode-se constatar que os diferentes procedimentos aqui discutidos, constituem inserção valiosa das universidades brasileiras no contexto científico-tecnológico da Engenharia de Pavimentos do Brasil e do mundo, especialmente em projetos de pavimentos destinados a suportar cargas ou utilizar materiais fora do universo da experiência corrente com fortes indícios de conservadorismo.



## **CAPÍTULO 4: OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS**

### **4.1 INTRODUÇÃO**

O crescimento econômico tem levado ao aumento da demanda por agregados para o uso na construção civil. Nesse contexto, a construção de estradas tem significativa importância, visto que pode representar um terço desta demanda (SHERWOOD, 1995).

A preocupação com a possibilidade de esgotamento dos recursos naturais e com os efeitos que a extração de agregados pode causar sobre o meio ambiente tem tornado imperativa a investigação cuidadosa de alternativas aos materiais naturais tradicionalmente empregados na pavimentação de vias.

O aumento progressivo nos custos dos materiais tradicionais utilizados em pavimentação, e a redução da disponibilidade desses materiais naturais, aliado ao fato de serem constantemente inseridas na construção e manutenção de pavimentos rodoviários, novas exigências e limitações, exigem dos profissionais ligados à área tecnológica estudos que visem o aproveitamento máximo dos recursos naturais existentes, e descoberta de novos materiais de construção com custos mais baixos.

A maior parte da Região Amazônica é constituída – geomorfologicamente – de sedimentos não consolidados das bacias do Solimões e Amazonas. Essa característica geológica geotécnica induz a uma escassez de agregado graúdo obtido por britagem de material pétreo (pedra britada), insumo indispensável à construção civil. Os afloramentos rochosos encontram-se a longas distâncias uns dos outros o que encarece o material em razão dos custos de produção e transporte.

Em consequência da carência de agregados em grande parte da região, são investigadas soluções tecnológicas alternativas com custo competitivo visando suprir tal deficiência que conduza a pavimentos mais duráveis. Nessa direção, são avaliados agregados sintéticos de argila calcinada, seixos extraído do leito dos rios e até resíduos da construção e demolição. O seixo, é utilizado em larga escala tanto nos concretos betuminosos bem como nos concretos

de cimento Portland. Estuda-se também outro agregado natural não convencional, a laterita, abundante em algumas áreas da região.

As pesquisas conduzidas pelo Grupo de Gotecnia-UFAM (FROTA e outros, 2003a, 2003b, 2004a, 2004b, 2004c; 2005, 2006), buscam soluções viáveis para a questão estudando misturas asfálticas confeccionadas com agregado graúdo natural da região de Manaus (seixo extraído do leito dos rios), e com agregado graúdo alternativo (entulho reciclado e agregado sintético de argila calcinada), visando comparar seus parâmetros mecânicos e físicos. Enfatizam também a cal de carbureto, um resíduo das fábricas de gás acetileno do Pólo Industrial de Manaus.

Merece destaque o trabalho em desenvolvimento pelo Instituto Militar de Engenharia (IME) que criou e patenteou agregado artificial com a denominação de argila calcinada visando substituir a pedra britada nas pavimentações e construções. Os pesquisadores analisaram a viabilidade técnica e econômica da produção do produto e os resultados dos testes realizados em escala industrial comprovaram a viabilidade técnico-econômica do material. São referências nesse assunto os trabalhos elaborados por: Soares e outros (2001), Lima Cabral (2005), Lima Cabral e outros (2005), Cabral e outros (2007).

Na grande Belém/PA, e nas rodovias BR-316/PA, trecho: Belém - Divisa PA/MA, conhecida como a rodovia Pará-Maranhão que corta o leste do Estado e a BR-010, conhecida como a rodovia Belém-Brasília, o agregado para confecção do concreto de cimento portland e para os serviços de pavimentação tais como mistura de solo e para o revestimento asfáltico é o seixo in-natura ou britado. Este fato deve-se à carência de pedreira na área de influência dessa região. As pedreiras existentes encontram-se a distâncias elevadas, acarretando um aumento de custo de transporte em comparação com a utilização do seixo.

Ao longo dos anos a experiência tem comprovado a boa qualidade do CBUQ com seixo, confirmada na existência de segmentos que, embora submetidos a pesado tráfego de caminhões e carretas, mantiveram as boas condições iniciais e somente foram recapadas após 20 anos de uso.

## 4.2 NATUREZA E PROCEDÊNCIA

O seixo utilizado nas obras de engenharia da região estudada, é obtido de duas maneira:

- Seixo proveniente das calhas e margens dos rios.
- Seixo proveniente de jazidas a céu aberto.

Para a extração do seixo proveniente dos rios é necessário a instalação de um sistema de dragagem, (ver figura 4.1) que pode ser instalado em balsas, ou nas margens dos rios. Nas jazidas a céu aberto a exploração é feita convencionalmente através de tratores e carregadeiras. A segunda etapa do processo é a classificação, feita através de um conjunto de peneiras vibratórias, que pode ser instalada na área de exploração ou no canteiro de serviços da obra. Dependendo da solução do projeto o seixo precisa ser britado, nesse caso é necessário um sistema de britagem, que é dimensionado e calibrado em função do volume a ser utilizado e da granulometria especificada. Na elaboração dos projetos de engenharia, os estudos devem ser criteriosos para a definição dos materiais, pois qualquer etapa de serviço que seja acrescida para a obtenção final do produto, necessitará maior quantidade de energia e conseqüente aumento no custo das obras.



(a) Draga, para extração em rios.



(b) Balsa para transporte de seixo e areia.



(c) Sistema de peneiramento para classificação do material.

**Figura 4.1:** Exemplo de processo de extração e transporte de seixo

Para a exploração das jazidas de seixo, solos ou pedreiras, é necessário obter-se o licenciamento ambiental junto aos órgãos responsáveis pelo controle e fiscalização dos recursos naturais e minerais da região. O processo consiste na definição e cadastro da área, identificação do proprietário, volume de material a ser utilizado, e caracterização física dos materiais. Nas áreas de reservas naturais e áreas indígenas, criadas por decretos municipais, estaduais ou federais, não se pode explorar qualquer tipo de material.

### 4.3 AGREGADOS

Os agregados utilizados neste trabalho foram:

- Seixo: proveniente de seixeira comercial, localizado no município de Ourém/PA, distante 180km de Belém, capital do estado do Pará. A exploração da seixeira é feita através do sistema de dragagem e o transporte para Belém feito em Balsas ou pela Rodovia BR-316/PA. Na figura 4.2 está ilustrado o mapa de localização da seixeira.
- Areia: proveniente areial comercial, localizado 48,5km, da cidade de Belém.

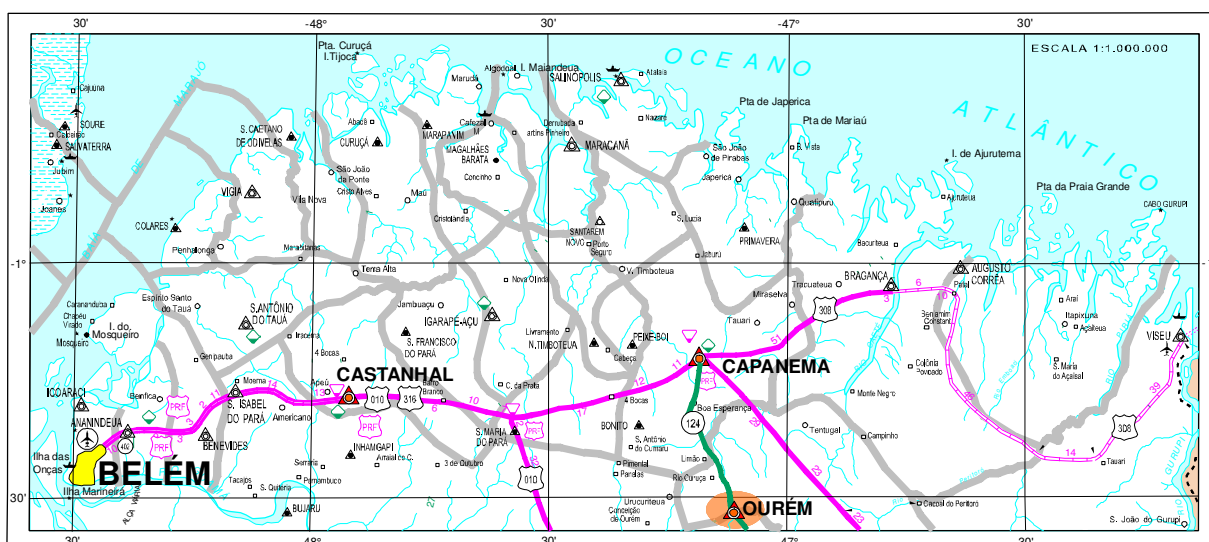


Figura 4.2: Mapa de situação com a localização dos agregados

- Material de Enchimento (Filer)

Nesta pesquisa adotou-se como o material de enchimento, o cimento portland, que atendeu a especificação DNER-EM-036/95.

Os ensaios de granulometria foram realizados de acordo com a metodologia empregada no Método de Ensaio (DNER ME 083/98), e estão apresentados na tabela 4.1, as outras características dos agregados minerais são mostradas na tabela 4.2.

**Tabela 4.1:** Granulometria dos seixos e areias usados neste estudo

PENEIRA # mm	ABERTURA # mm	SEIXO IN-NATURA		SEIXO BRITADO		AREIA GROSSA	AREIA FINA
		SEIXO 1 % PASS.	SEIXO 0 % PASS.	SEIXO 1 % PASS.	SEIXO 0 % PASS.		
1"	25	100	100	100	100	100	100
3/4"	19	100	100	83,4	100	100	100
1/2"	12,5	37,5	100	37,2	98,6	100	100
3/8"	9,5	13,0	82,2	23,3	91,0	100	100
Nº 4	4,75	2,0	32,8	10,1	47,5	100	100
Nº 10	2,0	-	6,6	6,0	16,7	97,5	100
Nº 40	0,42	-	1,8	3,3	3,9	44,7	85,3
Nº 80	0,18	-	-	2,1	1,5	20,5	62,7
Nº 200	0,075	-	-	1,0	0,4	6,2	18,0

**Tabela 4.2:** Características dos agregados minerais usados neste estudo

ENSAIO	ESPECIFICAÇÃO DNER	AGREGADO MINERAL			
		SEIXO IN NATURA	SEIXO BRITADO	AREIA	CIMENTO
Densidade Real do Grão (kg/m <sup>3</sup> )	DNER-ME-081/94	2.643	2.643	2.620	2.900
Densidade Aparente do Grão (kg/m <sup>3</sup> )	DNER-ME-081/94	2.590	2.590	-	-
Absorção (%)	DNER-ME-081/94		0,87	-	-
Abrasão "Los Angeles" (%)	DNER-ME-035/98 GRADUAÇÃO "B"	39,5	39,5	-	-
Equivalente de Areia (%)	DNER-ME-054/94	-	-	74	-
Índice de Forma	DNER-ME-086/94	0,96	0,86	-	-
Índice de Forma (Paquímetro)		1,86	2,01	-	-
Durabilidade (%)	DNER-ME-089/94	0,07	0,19	-	-

Na figura 4.3, estão mostrados fotos do seixo britado entre as frações de 12,7mm a 19,0mm, de 9,5mm a 12,7mm e seixo IN-NATURA (rolado) entre as frações de 12,7mm a 19,0mm e de 9,5mm a 12,7mm. Ao contrário do pensamento dominante o seixo in-natura utilizado apresenta textura pouco áspera e formato angular.



**Figura 4.3:** Fotos de fração de seixo, utilizados neste estudo.

#### 4.4 CIMENTO ASFÁLTICO DE PETRÓLEO (CAP)

Neste trabalho foram utilizados dois tipos de ligantes, o CAP-50/70, proveniente da LUBNOR Fortaleza/CE, utilizado nas misturas densas e contínuas e o CAP-30/45, da REDUC do Rio de Janeiro, utilizado nas misturas descontínuas (SMA). A tabela 4.3, contém as especificações e os resultados dos ensaios de caracterização dos CAPs.

**Tabela 4.3:** Especificações e Resultados de Ensaio nos CAPs usados neste estudo

CARACTERÍSTICA	MÉTODO	CAP 30/45		CAP 50/70	
		ESPECIF.	MEDIDO	ESPECIF.	MEDIDO
Penetração (100g, 5s, 25°C) 0,1 mm	NBR 6576	30 – 45	36	50 – 70	53
Ponto de amolecimento, °C	NBR 6560	52 (min)	53	46 (min)	48
Índice de Susceptibilidade Térmica – IST <sup>(1)</sup>		(-1,5) a (+0,7)	-1,18	(-1,5) a (+0,7)	-1,57
Ponto de fulgor °C	NBR 11341	235 (min)	353	235 (min.)	334
Viscosidade SayboltFurol a 135°C, segundos	NBR 14950	110 (min)	211	141 (min.)	200
Aquecimento a 175°C		Não espuma	Não espuma	Não espuma	Não espuma
Densidade (t/m <sup>3</sup> )	NBR 6296/2004		1,030		1,030

O Índice de susceptibilidade térmica é obtido a partir da seguinte equação

$$\text{Índice de Susceptibilidade Térmica IST} = \frac{(500) (\text{LOG PEN}) + (20) (T^{\circ} \text{C}) - 1951}{120 - (50) (\text{log PEN}) + (T^{\circ} \text{C})}$$

sendo:

(T °C) = Ponto de amolecimento

PEN = penetração a 25°C, 100g, 5 seg.

#### 4.5 FIBRAS

As fibras utilizadas nessa pesquisa são de celulose e foram cedidas pela empresa J. RETTENMAIER LATINOAMERICANA LTDA, localizada no estado de São Paulo. O produto cedido é comercialmente designado como VIATOP 66, que é um granulado composto por 66,6% em peso de ARBOCEL ZZ 8-1 (fibra) e por 33,3% de asfalto. A tabela 4.4 apresenta as características das fibras orgânicas (celulose) para uso em misturas asfálticas tipo SMA, fornecido pelo fabricante.

**Tabela 4.4:** Características das fibras VIATOP 66 usadas nesta pesquisa.

<b>CARACTERÍSTICAS DO GRANULADO</b>	
Granulados cilíndricos de cor cinza	
Quantidade de ARBOCEL <sup>R</sup> ZZ 8 - 1	65 – 70%
Comprimento médio do grânulo	2 – 10 mm
Espessura média	5 ± 1 mm
Densidade aparente	480 – 530g/l
Análise granulométrica: menor de 3,55 mm	Max. 5%
<b>CARACTERÍSTICAS DO ARBOCEL<sup>R</sup> ZZ 8 - 1</b>	
Fibra de celulose fina e larga de cor cinza	
Composição básica	Celulose técnica crua
Conteúdo de celulose	80 ± 5 %
Valor do pH (5 g/100ml)	7,5 +/- 1
Comprimento médio da fibra	1100 µm
Espessura média	45 µm
<b>CARACTERÍSTICAS DO ASFALTO UTILIZADO</b>	
Asfalto utilizado para construção de rodovias, de acordo com a norma DIN 1995	
Penetração a 25°C, 1/10 mm (DIN 52 010)	70 - 100
Ponto de amolecimento, anel e bola (DIN 52 011) em °C	44 - 49

## CAPÍTULO 5: MISTURAS ASFÁLTICAS ESTUDADAS

### 5.1 INTRODUÇÃO

Neste trabalho foram estudadas 7 (sete) misturas asfálticas, sendo 3 (três), densas e contínuas e 4 (quatro), descontínuas, tipo SMA. O procedimento de dosagem selecionado para definição do teor de ligante de projeto foi o método Marshall, com o critério empregado pelo NAPA (1982). Na tabela 5.1, estão mostrados as designações, para cada uma das sete misturas.

**Tabela 5.1:** Identificação das misturas estudadas

<i>MISTURA</i>	<i>TIPO</i>	<i>PTMN (mm)</i>	<i>LIGANTE</i>	<i>OBSERVAÇÃO</i>
01	Densa e Contínua	12,5	CAP-50/70	-
02	Densa e Contínua	19,0	CAP-50/70	-
03	Densa e Contínua	19,0	CAP-50/70	-
04	SMA	9,5	CAP-50/70	-
05	SMA	12,5	CAP-50/70	-
04-A	SMA	9,5	CAP-30/45	Mesma Granulometria da Mistura 04
05-A	SMA	12,5	CAP-30/45	Mesma Granulometria da Mistura 05

### 5.2 MISTURAS DENSAS E CONTÍNUAS

- **Mistura 01**

A mistura denominada “Mistura 01”, cuja granulometria está apresentada na tabela 5.5 e curva granulométrica na figura 5.2, com a PTMN de 12,5 mm, utilizando o seixo in natura, foi projetada com vista a representar, o mais próximo possível, o Concreto Betuminoso Usinado a Quente, especificação DNER-ES-313/97, faixa “C”, aplicado nos serviços de pavimentação e restauração ao longo da rodovia BR-316/PA. De acordo com os resultados apresentados na tabela 5.7, observa-se que apenas o parâmetro “PFAM”, definido no método Bailey, atende as faixas recomendadas. A figura 5.1 apresenta fotos, com estoque do seixo, da usina de asfalto e da compactação do CBUQ.





(a) Estoque de seixo, para confecção de CBUQ



(b) Utilização de carregadeira para alimentação dos silos frios.



(c) Correia transportadora de agregados para alimentação do secador.



(d) Compactação da mistura asfáltica.

**Figura 5.1:** Produção e aplicação de CBUQ, com seixo (in-natura) na rodovia BR-316/PA

### • Mistura 02

A mistura 02 foi elaborada a partir da Mistura 01 e sua granulometria está na Tabela 5.5, ajustando-se as proporções dos agregados e as granulometrias, com a finalidade de enquadrar os parâmetros do método Bailey nas faixas recomendadas. As modificações foram:

- Aumento do percentual do seixo “01”, na mistura para elevar o valor do PAG (Proporção de Agregado Grosso), e como consequência a PTMN passou de 12,5mm para 19,0mm.
- Redução do percentual do seixo “0” na mistura, para diminuir o PGAM (Proporção Graúda do Agregado Miúdo).
- Ajuste na granulometria conforme tabela 5.2 do seixo “0” e da areia grossa para o melhor enquadramento do PGAM (Proporção Graúda do Agregado Miúdo).

**Tabela 5.2:** Ajuste na Granulometria Seixo “0” e Areia Grossa para a mistura 02 deste estudo

PENEIRA #	ABERTURA mm	SEIXO “0”		AREIA GROSSA	
		GRANULOMETRIA ORIGINAL	GRANULOMETRIA AJUSTADA	GRANULOMETRIA ORIGINAL	GRANULOMETRIA AJUSTADA
3/4”	19	100	100	100	100
1/2”	12,5	100	100	100	100
3/8”	9,5	82,2	82,2	100	100
Nº 4	4,75	32,8	42,0	100	100
Nº 10	2,0	6,6	0,0	97,5	80
Nº 40	0,42	1,8	0,0	44,7	30
Nº 80	0,18	0,0	0,0	20,5	17
Nº 200	0,075	0,0	0,0	6,2	6,2

O ajuste nas granulometrias dos agregados pode ser feita em campo, através de um sistema de peneiramento e seleção, o que deverá elevar o custo da tonelada da mistura betuminosa. Para minimizar esta elevação reduziu-se um pouco o percentual de filer (cimento) na composição. Após a realização dos ensaios, para obtenção das características mecânicas da mistura, verificar-se-á se tal mudança será benéfica no comportamento estrutural do pavimento, justificando este aumento de custo.

- **Mistura 03**

A Mistura 03, com a PTMN, de 19,0 mm, foi confeccionada com seixo proveniente da mesma fonte das outras misturas. No entanto, o mesmo foi britado para aumentar o número de arestas vivas e melhorar a cubicidade dos agregados. A composição granulométrica foi concebida para que os parâmetros definidos no método Bailey se enquadrem nas faixas recomendadas, para isto, se faz necessário ajustar as granulometrias dos seixos e da areia, conforme mostrado na tabela 5.3.

**Tabela 5.3:** Ajustes nas Granulometrias dos seixos britados “1” e “0” e da areia grossa deste estudo

PENEIRA #	ABERTURA mm	SEIXO “1”		SEIXO “0”		AREIA GROSSA	
		GRANUL. ORIGINAL	GRANUL. AJUSTADA	GRANUL. ORIGINAL	GRANUL. AJUSTADA	GRANUL. ORIGINAL	GRANUL. AJUSTADA
3/4”	19	83,4	100	100	100	100	100
1/2”	12,5	37,2	43,0	98,6	100	100	100
3/8”	9,5	23,3	23,3	91,0	91,0	100	100
Nº 4	4,75	10,1	10,1	47,5	55,0	100	100
Nº 10	2,0	6,0	6,0	16,7	0,0	97,5	80,0
Nº 40	0,42	3,3	3,3	3,9	0,0	44,7	25,0
Nº 80	0,18	2,1	2,1	1,5	0,0	20,5	15,5
Nº 200	0,075	1,0	1,0	0,4	0,0	6,2	5,2

A tabela 5.4 contém a composição dos agregados das 3 (três) misturas.

**Tabela 5.4:** Composição dos Agregados das Misturas Densas e Contínuas deste estudo

AGREGADOS	MISTURA 01	MISTURA 02	MISTURA 03
Seixo in-natura “01”	10%	22%	-
Seixo in-natura “0”	42%	32%	-
Seixo britado “01”	-	-	24%
Seixo britado “0”	-	-	29%
Areia Grossa	45%	43,5%	43,5%
Filer (cimento)	3%	2,5%	3,5%
Total Agregados	100%	100%	100%

A tabela 5.5 apresenta as distribuições granulométricas das misturas densas e contínuas.

**Tabela 5.5:** Granulometria das Misturas Densas e Contínuas deste estudo

<i>PENEIRA</i>	<i>ABERTURA mm</i>	<i>COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA % PASSANTE</i>		
		<i>MISTURA 01</i>	<i>MISTURA 02</i>	<i>MISTURA 03</i>
1''	25	100	100	100
3/4''	19	100	100	100
1/2''	12,5	93,8	86,3	86,3
3/8''	9,5	83,8	75,2	79,0
Nº 4	4,75	62,0	59,9	65,4
Nº 8	2,36	51,3	40,3	43,1
Nº 10	2,00	49,6	37,3	39,7
Nº 16	1,18	36,3	26,0	27,0
Nº 30	0,60	26,8	18,0	18,0
Nº 40	0,42	23,9	15,6	15,2
Nº 50	0,30	18,0	12,7	12,9
Nº 80	0,18	12,2	9,8	10,7
Nº 100	0,15	10,3	8,5	9,3
Nº 200	0,075	5,6	5,1	5,8

Na figura 5.2 estão plotadas as curvas granulométricas da especificação DNER-ES-313/97 e DNIT-ES-031/2006, ambas para o concreto Betuminoso Usinado a Quente, faixa "C". As misturas 01, 02 e 03 foram preparadas levando-se em consideração a ESP.313/97. Observa-se que na nova especificação ES-031/2006, criada pelo DNIT, a área de trabalho que é definida pelo Limite superior e Limite inferior das curvas, é menor do que a da antiga especificação, como também houve um deslocamento para o ramo mais grosso. A mistura 01 encontra-se no centro da faixa antiga e as misturas 02 e 03, próximo do ramo mais grosso. Quando analisadas pela nova especificação, a mistura 01 agora margeia o ramo mais fino e as misturas 02 e 03 se situam no centro da faixa.

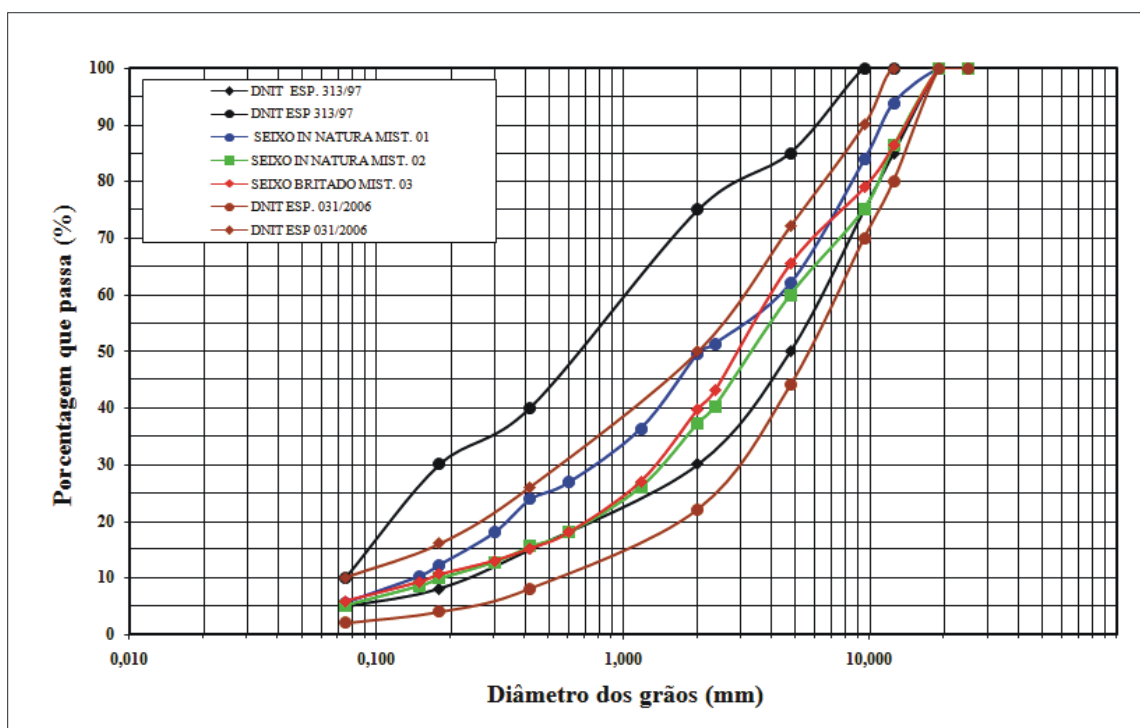


Figura 5.2: Distribuição Granulométrica das misturas densas e contínuas deste estudo segundo especificações do DNER-ES-313/97 para faixa “C” de CBUQ.

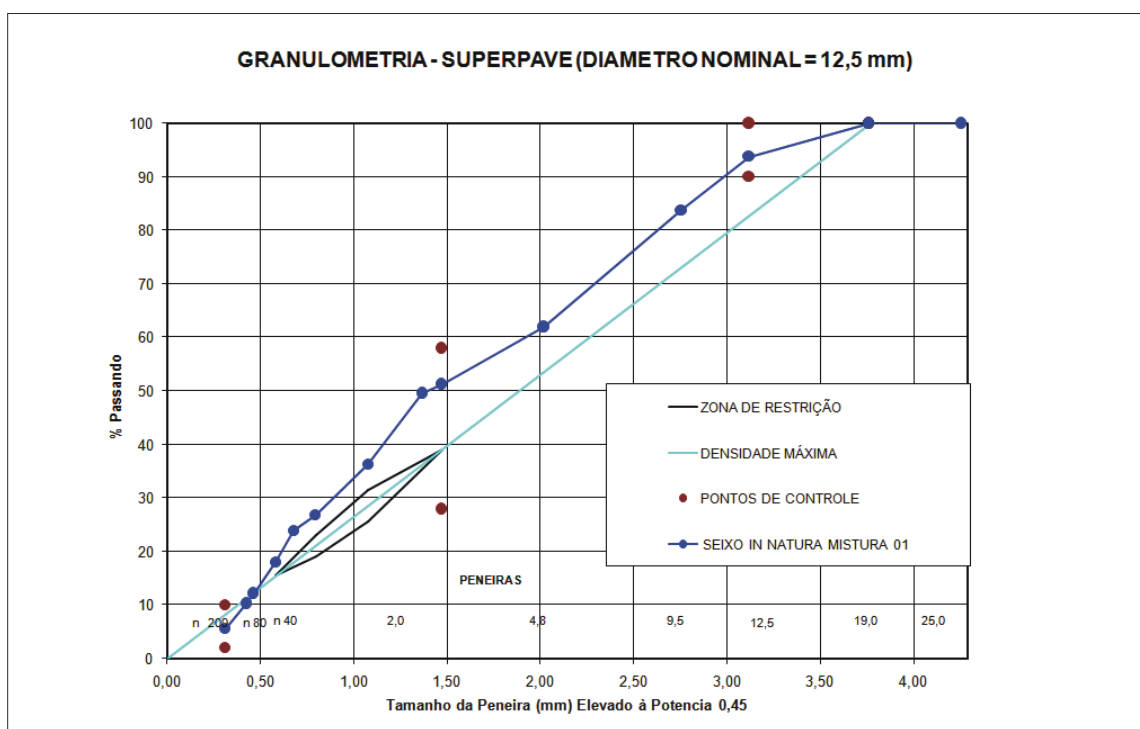
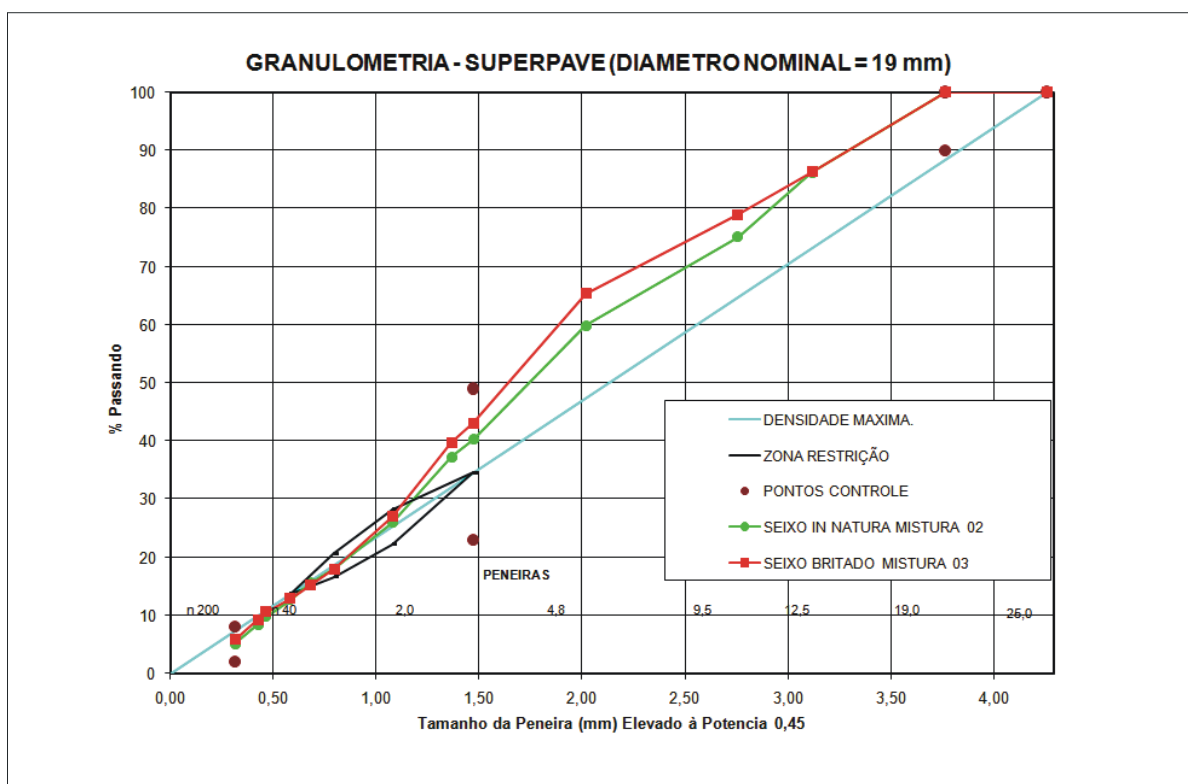


Figura 5.3: Distribuição Granulométrica da Mistura 01 deste estudo segundo especificações SUPERPAVE para PTMN de 12,5mm



**Figura 5.4:** Distribuição Granulométrica das Misturas Densas e Contínuas deste estudo segundo especificações SUPERPAVE para PTMN de 19,0 mm (Misturas 02 e 03)

Para o atendimento ao Método Bailey, as misturas 02 e 03 apresentam granulometrias mais grossas que a mistura 01. Observa-se também, que as 3 (três) misturas estão dentro dos pontos de controle especificados no SUPERPAVE. No entanto, em relação a zona de Restrição apenas a mistura 01 apresenta a granulometria acima da zona de restrição (AZR), enquanto as misturas 02 e 03 apresentam as granulometrias dentro da zona de restrição (DZR).

Das composições granulométricas obtidas, para cada mistura, calculou-se os parâmetros de controle (PAG, PGAM e PFAM) definidos pelo método Bailey, e descritos no capítulo 2, representados pelas equações 2.12, 2.13 e 2.14, respectivamente. As tabelas 5.6 e 5.7 apresentam os elementos para o cálculo dos parâmetros do método Bailey e os resultados dos parâmetros.

**Tabela 5.6:** Elementos para Cálculo dos Parâmetros do Método Bailey para este estudo

<i>ELEMENTOS PARA CÁLCULO DOS PARÂMETROS</i>	<i>MISTURA 01</i>	<i>MISTURA 02</i>	<i>MISTURA 03</i>
PTMN	12,5 mm	19,0 mm	19,0 mm
PPC	51,3%	59,9%	65,4%
SPC	26,8%	26,0%	27,0%
TPC	10,3%	12,7%	12,9%
PM	62,0%	75,2%	79,0%

PTMN: Peneira tamanho máximo nominal

PPC : Primeira peneira de controle

SPC : Segunda peneira de controle

TPC : Terceira peneira de controle

PM : Peneira metade

**Tabela 5.7:** Tabela Contendo os Resultados dos Parâmetros do Método Bailey para as misturas densas deste estudo

<i>MISTURA</i>	<i>PARÂMETRO</i>	<i>VALOR CALCULADO</i>	<i>FAIXA RECOMENDADA MÉTODO BAILEY</i>	<i>ATENDIMENTO</i>
01	PAG	0,28	0,50 - 0,65	NÃO
	PGAM	0,52	0,35 - 0,50	NÃO
	PFAM	0,38	0,35 - 0,50	SIM
02	PAG	0,62	0,60 - 0,75	SIM
	PGAM	0,43	0,35 - 0,50	SIM
	PFAM	0,49	0,35 - 0,50	SIM
03	PAG	0,65	0,60 - 0,75	SIM
	PGAM	0,41	0,35 - 0,50	SIM
	PFAM	0,48	0,35 - 0,50	SIM

### 5.3 MISTURAS DESCONTÍNUAS (SMA)

Foram estudadas 4 (quatro) misturas descontínuas tipo SMA, todas utilizando seixo britado. As misturas denominadas de mistura 04 e mistura 04-A apresentam a mesma granulometria e se enquadram na faixa de tamanho máximo nominal de 9,5mm e a mistura 05 e a mistura 05-A, também com granulometrias idênticas, na faixa de tamanho máximo nominal de 12,5mm, usadas nos Estados Unidos da América, segundo recomendação NAPA (2002).

Para o enquadramento, das misturas nas faixas especificadas, se fez necessário, uma modificação nas granulometrias dos agregados (seixo e areia) conforme mostrado nas tabelas

5.8 e 5.9. A tabela 5.10 apresenta a composição dos agregados nas misturas. A distribuição granulométrica das misturas SMA deste estudo estão apresentadas na Tabela 5.11.

**Tabela 5.8:** Ajuste na granulometria do seixo britado “0” para utilização nas misturas 04 e 04-A

PENEIRA #	ABERTURA Mm	SEIXO BRITADO “0”	
		GRANULOMETRIA ORIGINAL	GRANULOMETRIA AJUSTADA
3/4”	19	100	100
1/2”	12,5	98,6	100
3/8”	9,5	91,0	90,0
Nº 4	4,75	47,5	10,0
Nº 10	2,00	16,7	-
Nº 40	0,42	3,9	-
Nº 80	0,18	1,5	-
Nº 200	0,075	0,4	-

**Tabela 5.9:** Ajustes nas Granulometrias do seixo britado “1” e “0” e da areia grossa para utilização nas misturas 05 e 05-A

PENEIRA #	ABERTURA Mm	SEIXO BRITADO “1”		SEIXO “0”		AREIA GROSSA	
		GRANUL. ORIGINAL	GRANUL. AJUSTADA	GRANUL. ORIGINAL	GRANUL. AJUSTADA	GRANUL ORIGINAL	GRANUL AJUSTADA
1”	25	100	100	100	100	100	100
3/4”	19	83,4	100	100	100	100	100
1/2”	12,5	37,2	37,2	98,6	98,6	100	100
3/8”	9,5	23,3	23,3	91,0	80,0	100	100
Nº 4	4,75	10,1	-	47,5	10,0	100	100
Nº 10	2,0	6,0	-	16,7	-	97,5	97,5
Nº 40	0,42	3,3	-	3,9	-	44,7	49,7
Nº 80	0,18	2,1	-	1,5	-	20,5	15,5
Nº 200	0,075	1,0	-	0,4	-	6,2	5,2

**Tabela 5.10:** Composição dos Agregados das Misturas Tipo SMA

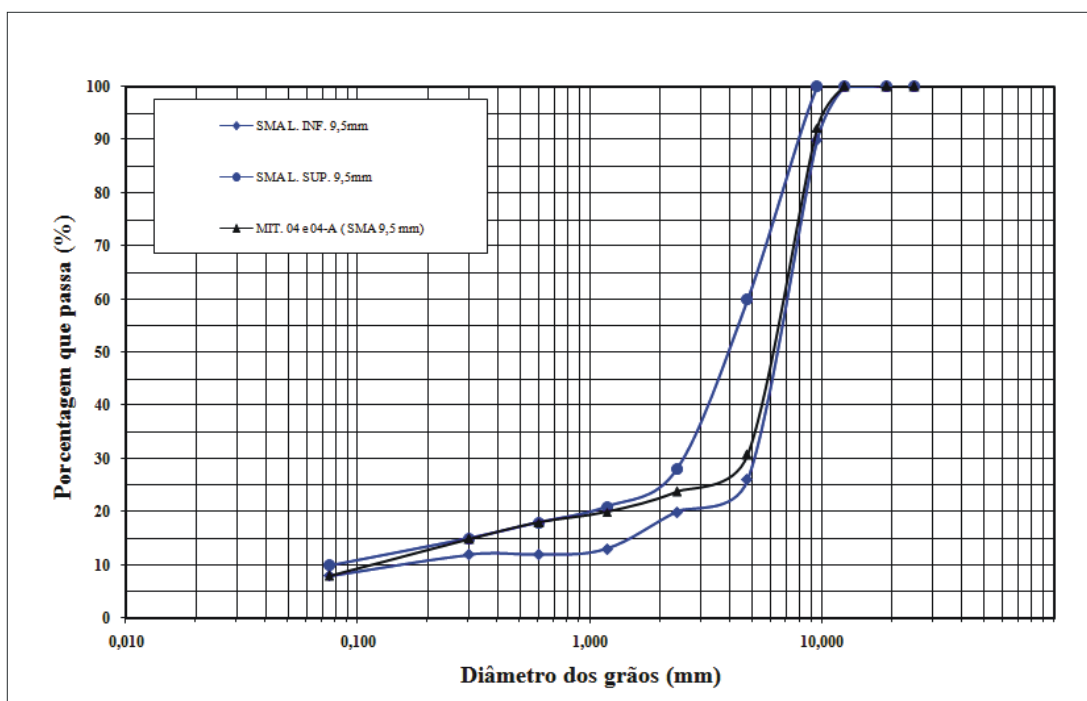
AGREGADOS	MISTURAS 04 E 04-A	MISTURAS 05 E 05-A
Seixo britado “1”	-	14,5%
Seixo britado “0”	77%	67%
Areia Grossa	9,0%	3%
Areia Fina	7,5%	9%
Filer (cimento)	6,5%	6,5%
Total	100%	100%

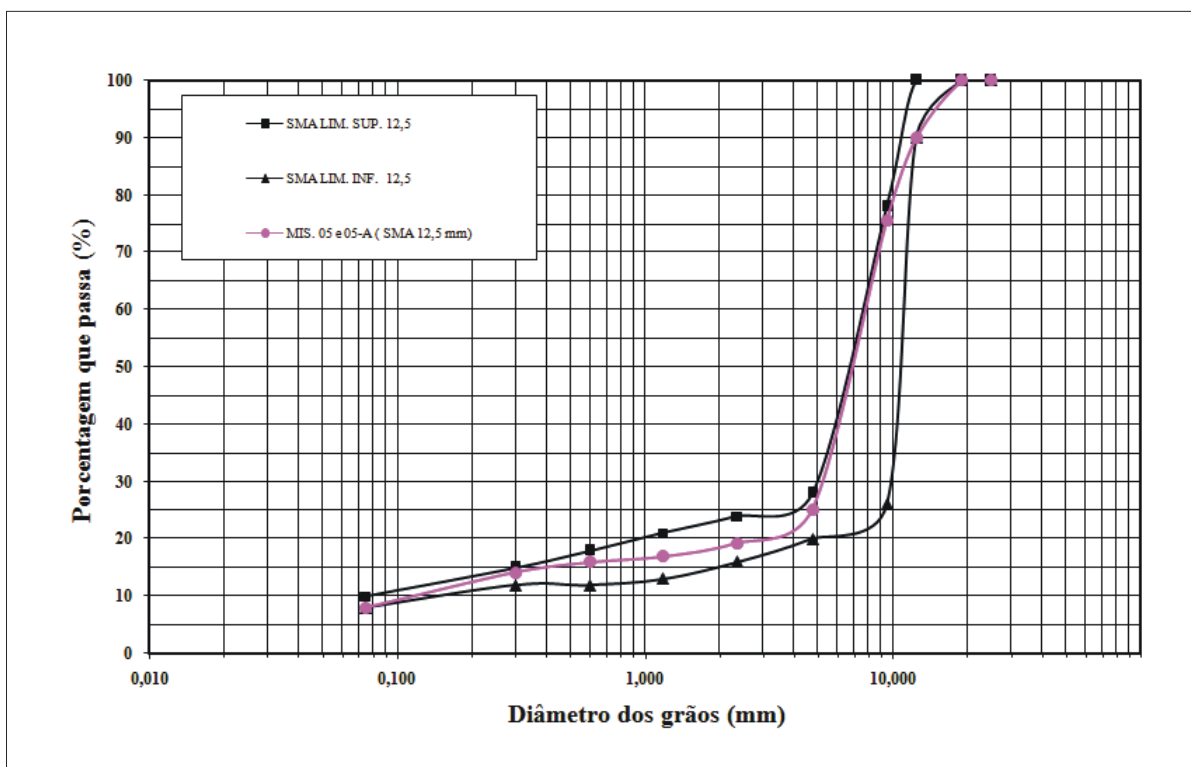


**Tabela 5.11:** Granulometria das Misturas Tipo SMA

ABERTURA #	PENEIRAS mm	COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA % PASSANTE	
		MISTURAS 04 E 04-A	MISTURAS 05 E 05-A
3/4"	19	100	100
1/2"	12,5	100	90
3/8"	9,5	92,3	75,5
Nº 4	4,75	30,7	25,2
Nº 8	2,36	23,8	19,3
Nº 16	1,18	20,0	17,0
Nº 30	0,6	18,0	16,0
Nº 50	0,3	14,9	14,1
Nº 200	0,075	8,0	8,0

Para misturas tipo SMA existe uma recomendação em que na peneira Nº 4 (4,75mm), a quantidade de material pasante seja no máximo de 30 a 35%. Nas misturas estudadas têm-se misturas 04 e 04-A com percentual pasante de 30,7% e as misturas 05 e 05-A com percentual pasante de 25,2%. Nas figuras 5.5 e 5.6, estão apresentadas graficamente as duas composições granulométricas deste estudo.

**Figura 5.5:** Distribuição Granulométrica das Misturas 04 e 04-A, segundo NAPA(2002), deste estudo com PTMN de 9,5mm deste estudo



**Figura 5.6:** Distribuição Granulométrica, Misturas 05 e 05-A, segundo NAPA(2002), com PTMN de 12,5mm deste estudo.

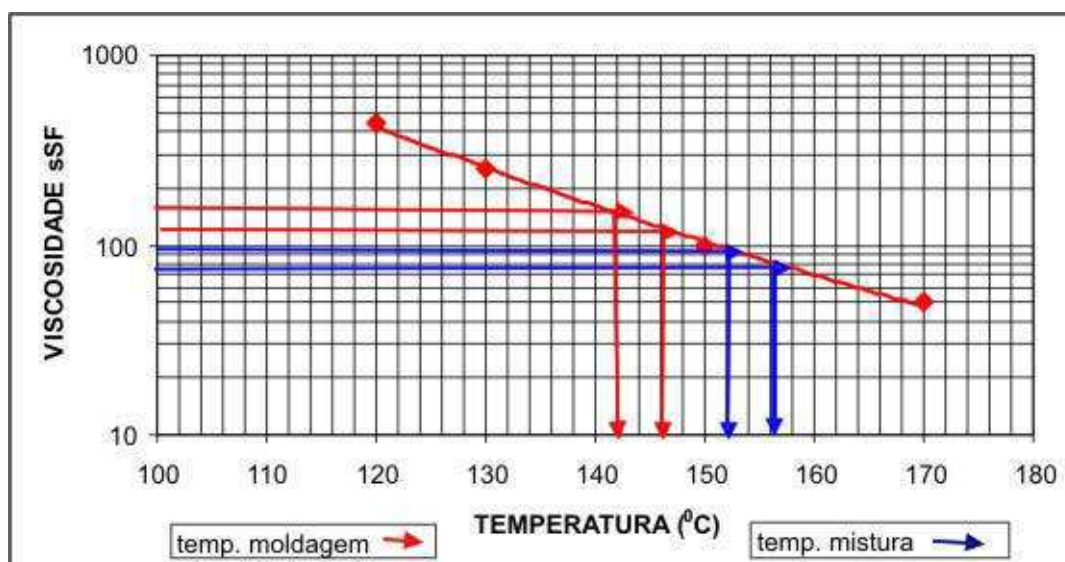
#### 5.4 DOSAGEM MARSHALL – TEOR DE PROJETO

O método Marshall é o procedimento mais usado para a determinação do teor de ligante das misturas asfálticas em obras de pavimentação no Brasil. A norma DNER-ME 043/95, recomenda o esforço de compactação de 75 golpes por face do corpo de prova. No entanto, não existe nenhuma recomendação na mesma com relação à frequência da aplicação dos golpes. Alguns autores criticam a dispersão dos resultados obtidos para o teor de projeto de ligante asfáltico, apesar da existência de normas padronizando o método MARSHALL (COELHO e SÓRIA, 1992; FRANKEN et al, 1997 apud MOTTA, 1998).

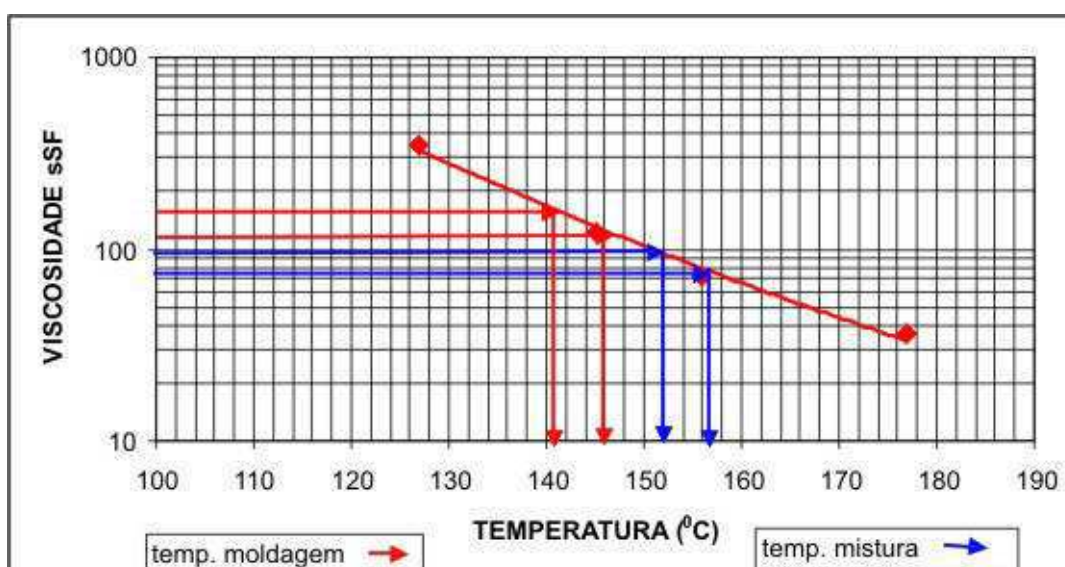
O ensaio consiste na compactação e rompimento de corpos-prova de forma normalizada pelo DNER-ME 043/95. Do ensaio são obtidos a estabilidade da mistura, que corresponde à carga de ruptura, em kgf, e a fluência, que corresponde à deformação sofrida pelo corpo-de-prova no instante da ruptura, em 0,1 mm. Também são determinadas algumas características físicas das misturas asfálticas, como volume de vazios, os vazios do agregado mineral (VAM), a relação betume vazios (RBV) e a densidade aparente da mistura.

Para a determinação do teor de projeto seguiu-se o procedimento descrito por NAPA (1982), ou seja o teor de ligante corresponde a média entre o volume de vazios mínimo 3,0% e vazios máximo de 5,0% e que corresponde ao  $V_v = 4,0\%$ .

As temperaturas de aquecimento dos materiais bem como a preparação, confecção e compactação das misturas, foram obtidas em função do gráfico viscosidade x temperatura dos ligantes. Nas figuras 5.7 e 5.8 são apresentados o comportamento da viscosidade de cada ligante com a temperatura e na tabela 5.12 listam-se as temperaturas obtidas para cada uma das etapas da confecção dos corpos de prova em laboratório, a partir das figuras.



**Figura 5.7:** Gráfico Viscosidade x Temperatura do Ligante Asfáltico CAP-50/70 usado neste estudo



**Figura 5.8:** Gráfico Viscosidade x Temperatura do Ligante Asfáltico CAP-30/45 usado neste estudo

**Tabela 5.12:** Temperatura de confecção e moldagem para os CAP-50/70 e CAP-30/45 deste estudo

<i>LIGANTE</i>	<i>TEMPERATURA ° C</i>		
	<i>LIGANTE</i>	<i>AGREGADO</i>	<i>MOLDAGEM / MISTURAS</i>
CAP-50/70	152 a 156	167 a 171	142 a 146
CAP-30/45	152 a 157	167 a 172	141 a 146

#### 5.4.1 Misturas Densas e Contínuas

As misturas 01, 02 e 03 foram confeccionadas de forma semelhante ao adotado na maioria dos órgãos rodoviários brasileiros. Para compactação dos corpos-de-provas foram aplicados 50 golpes por face com soquete Marshall automático. A adoção do número de golpes se deu pelo fato de que o CBUQ utilizado nos serviços de pavimentação da rodovia BR-316/PA foi produzido com esta energia de compactação. A mistura não foi submetida ao envelhecimento de curto prazo conforme recomenda a dosagem Superpave, que adota o tempo de 2 horas em estufa à temperatura de compactação, possibilitando maior absorção de ligante pelos agregados. Na figura 5,9 são mostrados alguns passos da confecção dos corpos-de-prova para os ensaios deste estudo feitos no laboratório de solos e asfalto da Universidade Federal de Campina Grande.



(a) Aquecimento do Ligante.



(b) Colocação do Ligante.



(c) Mistura Ligante-agregados



(d) Compactação do corpo de prova.

**Figura 5.9:** Seqüência ilustrativa da confecção dos corpos de provas desta pesquisa

Para cada mistura foram confeccionados 12 corpos de provas, três a cada um dos quatro teores de ligante tentativas distribuídos conforme apresentado na tabela 5.13. Após a compactação os corpos de prova, foram extraídos dos moldes e procedidas medidas e pesagens, conforme recomendam as normas DNER - ME - 043/95 e ABNT - NBR/12891 - 93.

**Tabela 5.13:** Teores de ligante para ensaio Marshall

<i>TEOR LIGANTE</i>	<i>QUANTIDADE DE CORPOS DE PROVA UNIDADES</i>
4,5%	3
5,0%	3
5,5%	3
6,0%	3

- **Densidade Aparente ( $D_a$ )**

A densidade aparente foi determinada de acordo com o Método DNER-ME-117/87 e definida pela equação.

$$D_a = \frac{P_{ar}}{P_{ar} - P_{imerso}} \quad (5.1)$$

Sendo:

$P_{ar}$  : Massa do corpo-de-prova determinada ao ar (pesada ao ar)

$P_{imerso}$  : Massa do corpo-de-prova.

- **Densidade Máxima Teórica (DMT)**

A densidade máxima teórica (DMT) é obtida através da ponderação das densidades reais dos materiais constituintes. Na tabela 5.14 temos os resultados das misturas 01, 02 e 03.

**Tabela 5.14:** Densidade Máxima teórica das misturas 01, 02 e 03

MISTURAS	DENSIDADE REAL (g/cm <sup>3</sup> )					% DA MISTURA					DMT (g/cm <sup>3</sup> )
	SEIXO "1"	SEIXO "0"	AREIA	CIMENTO	CAP- 50/70	SEIXO "1"	SEIXO "0"	AREIA	CIMENTO	CAP- 50/70	
01	2,643	2,643	2,620	2,900	1,030	9,4	39,6	42,4	2,8	5,6	<b>2,427</b>
02	2,643	2,643	2,620	2,900	1,030	20,8	30,3	41,2	2,3	5,2	<b>2,441</b>
03	2,643	2,643	2,620	2,900	1,030	22,7	27,4	41,1	3,3	5,4	<b>2,435</b>

- **Densidade Máxima Medida(DMM) (Método Rice)**

#### Amostra

O processo de preparo da amostra para a determinação da DMM é o mesmo utilizado na composição dos corpos-de-prova Marshall, excluindo a etapa de compactação. Após confecção da mistura asfáltica, esta deve permanecer durante 2 horas na temperatura de compactação, como sugere a ASTM D 2041/00, para que o processo de absorção de asfalto pelo agregado possa ocorrer.

Após ser retirada da estufa, a mistura passa a ser resfriada com agitação manual, com o auxílio de uma espátula, para evitar a formação de grumos.



## Determinação da Massa Seca

Em seguida, a mistura é colocada dentro de um kitassato modificado para que a massa seca da amostra possa ser determinada (figura 5.10).



**Figura 5.10:** Determinação da massa seca da amostra para o ensaio de DMM

## Kitassato Modificado

Um kitassato comum foi modificado para atender às necessidades do ensaio, com a finalidade de obter um dispositivo de nivelamento que proporcionasse maior precisão. Na figura 5.11 podem ser vistas as modificações sofridas pelo kitassato original, tais como a feitura de rosca em sua boca e o fechamento de seu dispositivo original de nivelamento, situado lateralmente.



**Figura 5.11:** Kitassato modificado

### Determinação da Massa do Conjunto (Kitassato, amostra e água)

Adiciona-se água fervida ao kitassato para que o nível de água permaneça 2 cm acima da amostra. Em seguida, conecta-se o conjunto (kitassato, amostra e água) à bomba de vácuo parcial para a extração de bolhas de ar da amostra, como ilustram as figuras 5.12(a) e 5.12(b).



(a) Bomba de vácuo parcial.



(b) Bolhas de ar sendo extraídas.

**Figura 5.12:** Extração de ar da amostra durante o ensaio de DMM

Após a extração de ar, adiciona-se água fervida, até o limite superior do kitassato, para em seguida, rosquear o dispositivo de nivelamento. Com o auxílio de uma toalha felpuda, enxuga-se a água que extravassa e escorre pelas paredes do kitassato modificado no momento do nivelamento da água, para então determinar a massa do conjunto (figura 5.13).



**Figura 5.13:** Determinação da massa do conjunto Kitassato – amostra durante ensaio DMM



A Densidade Máxima Medida (DMM) é calculada pela expressão abaixo:

$$DMM = \frac{A}{A - (B - C)} \quad (5.2)$$

Onde,

A : Massa da amostra intemperizada a 135° C, em g.

B : Massa do sistema (massa da amostra + kitassato + tampa + água (arrasado)), imerso em água, em g.

C : Massa do (kitassato + tampa + água (arrasado)), imerso em água, em g.

Na tabela 5.15 tem-se os resultados da DMM, para as misturas 01, 02 e 03 deste estudo, realizados no laboratório de pavimentação da COPPE/RJ.

**Tabela 5.15:** Resultados da DMM, pelo Método Rice para as Misturas 01, 02 e 03

MISTURAS	AMOSTRA	PARÂMETROS (g)			DMM
		A	B	C	
01	1	1.484,8	7.182,8	6.311,1	2,422
	2	1.488,3	7.104,8	6.229,8	2,427
	Média	-	-	-	<b>2,424</b>
02	1	1.487,5	7.188,9	6.311,1	2,440
	2	1.496,3	7.195,3	6.311,1	2,445
	Média	-	-	-	<b>2,442</b>
03	1	1.492,2	7.104,1	6.229,8	2,415
	2	1.486,2	7.101,6	6.229,3	2,421
	Média	-			<b>2,418</b>

A diferença entre os valores da Densidade Máxima Teórica (DMT) e da Densidade Máxima Medida (DMM) são pequenas visto que os agregados praticamente não tem absorção de ligante conforme mostrado na tabela 5.16. Neste trabalho optou-se por utilizar para o cálculo dos vazios das misturas a Densidade Máxima Teórica (DMT).

**Tabela 5.16:** Comparativo entre DMT e DMM para as Misturas 01, 02 e 03

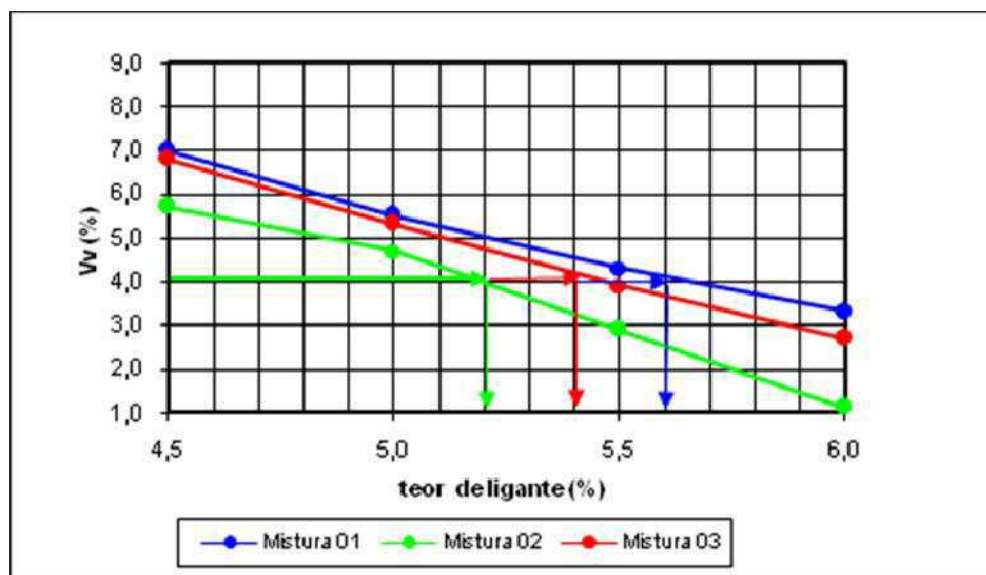
<i>MISTURA</i>	<i>DMT</i>	<i>DMM</i>	<i>Diferença entre DMT e DMM</i>	<i>% percentual</i>
01	2,427	2,424	+ 0,003	+ 0,12%
02	2,441	2,442	- 0,001	- 0,04%
03	2,435	2,418	+ 0,0017	+0,69%

A tabela 5.17 contém o resumo dos resultados dos ensaios Marshall das misturas (o resultado apresentado para cada teor de ligante corresponde a média dos 3 três corpos-de-provas ensaiados).

**Tabela 5.17:** Parâmetros Volumétricos e Estabilidade das Misturas 01, 02 e 03 deste estudo

<i>MISTURA</i>	<i>% LIGANTE</i>	<i>DENSIDADES</i>		<i>VOLUMES - % TOTAL</i>			<i>VAZIOS AGREGADO MINERAL %</i>	<i>VOLUME VAZIOS %</i>	<i>RELAÇÃO BETUME VAZIOS %</i>	<i>ESTABILIDADE kg</i>
		<i>APARENTE</i>	<i>TEÓRICA</i>	<i>LIGANTE</i>	<i>AGREGADO</i>	<i>VAZIOS</i>				
1	4,5	2.293	2.466	10,02	82,94	7	17,1	7	58,7	538
	5	2.315	2.448	11,23	83,3	5,5	16,7	5,5	67,3	463
	5,5	2.328	2.431	12,43	83,31	4,3	16,7	4,3	74,5	429
	6	2.335	2.413	13,6	83,14	3,3	16,9	3,3	80,7	454
Projeto	5,6	2.330	2.427	12,66	83,31	4	17,05	4	76,54	-
2	4,5	2.324	2.465	10,15	84,09	5,8	15,9	5,8	63,8	472
	5	2.331	2.448	11,32	83,92	4,8	16,1	4,8	70,4	400
	5,5	2.356	2.430	12,58	84,37	3	15,6	3	80,5	448
	6	2.385	2.413	13,89	84,94	1,2	15,1	1,2	92,2	441
Projeto	5,2	2.343	2.441	11,82	84,13	4	16,18	4	75,3	-
3	4,5	2.300	2.467	10,05	83,15	6,8	16,8	6,8	59,6	479
	5	2.319	2.450	11,26	83,42	5,3	16,6	5,3	67,9	548
	5,5	2.338	2.432	12,48	83,66	3,9	16,3	3,9	76,4	508
	6	2.350	2.415	13,69	83,65	2,7	16,4	2,7	83,7	549
Projeto	5,4	2.338	2.435	12,25	83,75	4	16,62	4	75,93	-

Com os resultados obtidos no ensaio Marshall, para cada mistura, foi confeccionado o gráfico ( $V_v\%$  versus teor de ligante), figura 5.14, de onde obteve-se o teor de ligante de projeto para cada mistura considerando o parâmetro definidor do mesmo o  $V_v = 4\%$ , que já está apresentado na tabela 5.17.



**Figura 5.14:** Definição do teor de Ligante de Projeto, para as misturas 01,02 e 03 deste estudo

O teor de ligante influencia diretamente no módulo de riqueza das misturas, como mostrado na tabela 5.18. A Mistura 01 com teor de ligante de 5,6% apresentou maior módulo de riqueza, seguida pela mistura 03 com teor de 5,4% e pela mistura 02 com teor de ligante de 5,2%. Para a espessura de asfalto envolvendo os agregados, a área superficial da mistura de agregados, (AS) desempenhou papel relevante, pois quanto menor a AS maior a espessura do filme de asfalto. Da tabela 5.18, tem-se a mistura 02, com AS de 9,32 m<sup>2</sup>/kg, apresentando maior espessura do filme de asfalto, seguida pela mistura 03, com AS de 10,27 m<sup>2</sup>/kg e pela mistura 01 com AS de 10,98 m<sup>2</sup>/kg.

**Tabela 5.18:** Módulo de Riqueza e espessura do filme de asfalto das misturas 01, 02 e 03

PROPRIEDADE	SÍMBOLO	OPERAÇÃO	UN	MIST. 01	MIST. 02	MIST. 03
% ASFALTO	Pb			5,6	5,2	5,4
% AGREGADO	Pa	100-Pb		94,4	94,8	94,6
DENSIDADE DO ASFALTO	$\rho_b$			1,03	1,03	1,03
DENSIDADE APARENTE DA MISTURA DE AGREGADOS	$\rho_{ap}$			2,613	2,611	2,614
DENSIDADE EFETIVA DA MISTURA DE AGREGADOS	$\rho_{ef}$			2,626	2,625	2,628
DENSIDADE APARENTE DA MISTURA ASFÁLTICA COM PACTADA	d			2,330	2,343	2,338
VOLUME DA MISTURA ASFÁLTICA COMPACTADA	V			1	1	1
MASSA TOTAL DA MISTURA COMPACTADA	Mt	$V \times d \times 1,000$	G	2,330	2,343	2,338
MASSA DE ASFALTO CONTIDA NA MISTURA	Mb	$Pb \times Mt$	G	0,130	0,122	0,126
MASSA DE AGREGADO NA MISTURA	Ma	$Mt - Mb$	G	2,200	2,221	2,212
VOLUME EFETIVO DE AGREGADOS	V <sub>ef</sub>	$\frac{Ma}{\rho_{ef} \times 1,0}$	cm <sup>3</sup>	0,838	0,846	0,842
VOLUME APARENTE DE AGREGADOS NA MISTURA	V <sub>ap</sub>	$\frac{Ma}{\rho_{ap} \times 1,0}$	cm <sup>3</sup>	0,842	0,851	0,846
VOLUME DE ASFALTO ABSORVIDO	V <sub>abs</sub>	$V_{ap} - V_{ef}$	cm <sup>3</sup>	0,004	0,005	0,004
VOLUME TOTAL DE ASFALTO NA MISTURA	V <sub>b</sub>	$\frac{Mb}{\rho_b \times 1,0}$	cm <sup>3</sup>	0,127	0,118	0,123
VOLUME EFETIVO DE ASFALTO NA MISTURA	V <sub>b<sub>ef</sub></sub>	$V_b - V_{abs}$	cm <sup>3</sup>	0,123	0,114	0,118
VOLUME DE AR CONTIDO NA MISTURA ASFÁLTICA COMPACTADA	V <sub>ar</sub>	$V_t - V_b - V_{ef}$	cm <sup>3</sup>	0,036	0,036	0,036
MASSA DE ASFALTO EFETIVA CONTIDA NA MISTURA	M <sub>b<sub>ef</sub></sub>	$V_{b_{ef}} \times \rho_b \times 1,000$	G	0,126	0,117	0,122
MASSA DE ASFALTO ABSORVIDA PELOS AGREGADOS	M <sub>b<sub>abs</sub></sub>	$M_b - M_{b_{ef}}$	G	0,004	0,005	0,005
ÁREA SUPERFICIAL DA MISTURA DE AGREGADOS	AS		m <sup>2</sup> /kg	10,98	9,32	10,27
ESPESSURA DO FILME DE ASFALTO ENVOLVENDO OS AGREGADOS	T <sub>f</sub>	$T_f = \frac{V_{b_{ef}}}{AS \times M_a} \times (1.000)$	μm	5,07	5,49	5,20
FATOR DE CORREÇÃO PARA O MÓDULO DE RIQUEZA	a	2,65/ref		1,009	1,010	1,008
MÓDULO DE RIQUEZA	k	$Pb / (\alpha (\Sigma))^{0,2}$		3,44	3,30	3,36

#### 5.4.2 Misturas Descontínuas (SMA)

Para confecção das misturas 04, 04-A, 05 e 05-A foi adotado o seguinte procedimento:

##### 5.4.2.1 Moldagem dos Corpos-de-Prova

Os corpos-de-prova foram moldados com aplicação de 50 golpes por face, utilizando o soquete Marshall automático. Na tabela 5.19, listam-se a distribuição de corpos de prova para cada mistura estudada.

**Tabela 5.19:** Teores de ligante para realização do ensaio Marshall das misturas Descontínuas tipo SMA

MISTURA	LIGANTE	TEOR DE LIGANTE					
		6,0%	6,5%	7,0%	7,5%	8,0%	8,5%
04	CAP-50/70	4 CPs	4 CPs	4 CPs	-	-	-
05	CAP-50/70	4 CPs	4 CPs	4 CPs	-	4 CPs	4 CPs
04-A	CAP-30/45	4 CPs	4 CPs	4 CPs	4 CPs	-	-
05-A	CAP-30/45	-	-	4 CPs	4 CPs	4 CPs	4 CPs

#### 5.4.2.2 Definição do Teor de Ligante

O teor de projeto para cada mistura foi definido da mesma forma utilizada nas misturas densas e contínuas, seja, fixando-se como parâmetro o  $V_v = 4\%$ .

- **Cálculo da Densidade Aparente (Da)**

A densidade aparente foi calculada de acordo com equação.

$$Da = \frac{Par}{Par - Pimerso}$$

- **Cálculo da Densidade Máxima (DMT)**

A densidade máxima teórica (DMT) é obtida através da ponderação das densidades reais dos materiais constituintes. Na tabela 5.20 estão apresentadas os resultados da DMT das quatro misturas do tipo SMA deste estudo.

**Tabela 5.20:** Densidade Máxima teórica das Misturas 04, 04-A, 05 e 05-A deste estudo

MISTURAS	DENSIDADE REAL					% NA MISTURA					DMT
	SEIXO "1"	SEIXO "0"	AREIA	CIMENTO	LIGANTE	SEIXO "1"	SEIXO "0"	AREIA	CIMENTO	LIGANTE	
04	2,643	2,643	2,620	2,900	1,030	-	71,7	15,3	6,0	6,8	<b>2,397</b>
05	2,643	2,643	2,620	2,900	1,030	13,3	61,4	11,0	5,9	8,25	<b>2,349</b>
04-A	2,643	2,643	2,620	2,900	1,030	-	71,6	15,3	6,0	6,9	<b>2,394</b>
05-A	2,643	2,643	2,620	2,900	1,030	13,3	61,7	11,0	5,9	7,8	<b>2,364</b>

- **Cálculo da Densidade Máxima Medida (DMM)**

O cálculo da DMM para o teor de projeto foi feito através do método Rice no Laboratório da COPPE/RJ. Os resultados do ensaio estão listados na tabela 5.21.

**Tabela 5.21:** Resultados do DMM, pelo Método Rice para as Misturas 04, 04-A, 05 e 05-A deste estudo

MISTURAS	AMOSTRA	PARÂMETROS (g)			DMM
		A	B	C	
04	1	1.489,9	7.181,3	6.311,1	2,404
	2	1.480,2	7.175,4	6.311,1	2,403
	Média	-	-	-	<b>2,404</b>
05	1	1.476,8	7.164,0	6.311,1	2,367
	2	1.484,1	7.167,1	6.311,1	2,365
	Média	-	-	-	<b>2,365</b>
04-A	1	1.448,3	7.075,7	6.229,3	2,406
	2	1.471,6	7.089,8	6.229,3	2,408
	Média	-	-	-	<b>2,407</b>
05-A	1	1.483,6	7.174,1	6.311,1	2,391
	2	1.468,3	7.084,4	6.229,3	2,394
	Média	-	-	-	<b>2,393</b>

Para o cálculo dos vazios, adotou-se o valor da Densidade Máxima Teórica (DMT). Observa-se pela tabela 5.22, que para as quatro misturas o valor da DMT apresentou valores um pouco inferior aos da DMM o que teoricamente não é admissível. Como feito em labs. diferentes isto pode explicar as diferenças.

**Tabela 5.22:** Comparativo entre DMT e DMM para Mistura 04, 04-A, 05 e 05-A

MISTURA	DMT	DMM	Diferença entre DMT e DMM	% percentual
04	2,397	2,404	- 0,007	- 0,29%
05	2,349	2,365	- 0,016	- 0,68%
04-A	2,394	2,407	- 0,013	- 0,54%
05-A	2,364	2,393	- 0,029	- 1,22%

Os parâmetros volumétricos, obtidos nos ensaios Marshall para as misturas descontínuas, estão apresentados na tabela 5.23; o resultado de cada teor de ligante corresponde a média dos 4 CPs ensaiados.

Este procedimento é empregado para o cálculo da densidade aparente quando a mistura compactada apresenta textura impermeável, não havendo, por conseguinte, possibilidade de penetração d'água no interior do corpo-de-prova quando imerso na água. A norma DNER-ME 117/87 recomenda recobrir a superfície do corpo-de-prova conforme intervalos de valores esperados para os vazios.

A figura 5.15, apresenta foto com corpos de provas (Laboratório da UFCG).

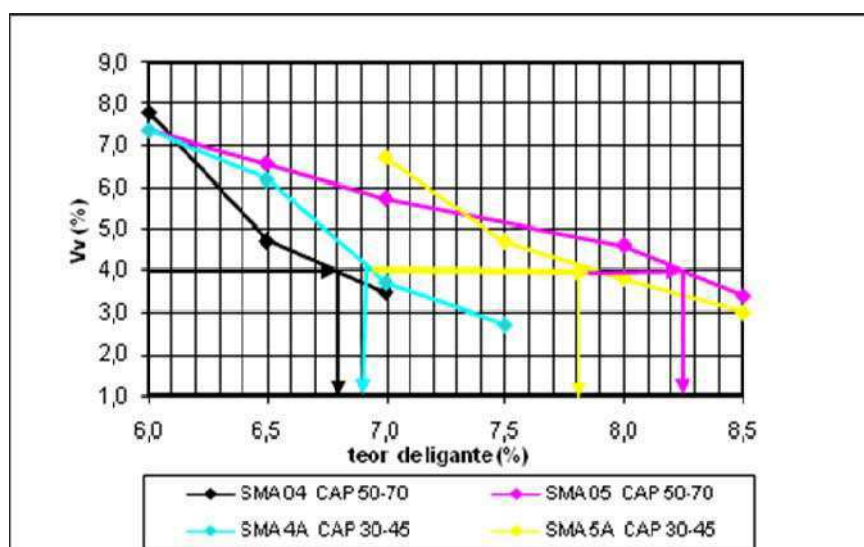


**Figura 5.15:** Corpos de prova com fita e parafina para determinação da densidade aparente

**Tabela 5.23:** Parâmetros Volumétricos e Estabilidade das Misturas 04, 05, 04-A e 05-A deste estudo.

MISTURA	% LIGANTE	DENSIDADES		VOLUMES - % TOTAL			VAZIOS AGREGADO MINERAL %	VOLUME VAZIOS %	RELAÇÃO BETUME VAZIOS %	ESTABILIDADE kg
		APARENTE $\text{kg/m}^3$	TEÓRICA $\text{kg/m}^3$	LIGANTE	AGREGADO	VAZIOS				
4	6	2.236	2.425	13,02	79,18	7,8	20,8	7,8	62,6	594
	6,5	2.294	2.408	14,47	80,82	4,7	19,2	4,7	75,5	608
	7	2.308	2.391	15,68	80,87	3,4	19,1	3,4	82	594
Projeto	6,8	2.301	2.397	15,19	80,81	4	19,64	4	79,63	-
5	6	2.246	2.426	13,09	79,53	7,4	20,47	7,4	63,94	515
	6,5	2.250	2.408	14,19	79,22	6,6	20,77	6,6	66,36	477
	7	2.254	2.391	15,31	78,93	5,7	21,1	5,7	72,7	493
	8	2.249	2.358	17,46	77,91	4,6	22,1	4,6	79,1	434
	8,5	2.262	2.341	18,66	77,94	3,4	22,1	3,4	84,6	416
Projeto	8,25	2.255	2.349	18,06	77,94	4	22,6	4	82,3	-
04-A	6	2.245	2.425	13,08	79,52	7,4	20,5	7,4	63,9	553
	6,5	2.258	2.408	14,25	79,55	6,2	20,4	6,2	69,7	517
	7	2.303	2.391	15,64	80,67	3,7	19,3	3,7	81	443
	7,5	2.311	2.374	16,82	80,52	2,7	19,5	2,7	86,4	411
Projeto	6,9	2.298	2.394	15,39	80,61	4	19,85	4	79,84	-
05-A	7	2.230	2.391	15,16	78,1	6,7	21,9	6,7	69,2	420
	7,5	2.263	2.374	16,47	78,83	4,7	21,2	4,7	77,9	440
	8	2.268	2.358	17,61	78,57	3,8	21,4	3,8	82,2	342
	8,5	2.271	2.341	18,73	78,24	3	21,8	3	86,1	394
Projeto	7,8	2.269	2.364	17,18	78,82	4	21,69	4	81,55	-

Plotou-se o gráfico ( $V_v\%$  x teor de ligante), figura 5.16, de onde se obtém o teor de ligante de projeto para cada uma das quatro misturas mantendo o critério dos  $V_v = 4\%$ .

**Figura 5.16:** Definição do teor de Ligante de projeto para as misturas 04, 05, 04-A e 05-A deste estudo.

Dos teores de ligantes obtidos, observa-se que para as misturas 05 e 05-A, os valores são maiores que os teores das misturas 04 e 04-A, isto se deve ao fato das misturas 05 e 05-A,



apresentaram a PTMN de 12,5mm, maior que 9,5mm das misturas 04 e 04-A, o que acarreta um maior consumo de ligante, para formar o masticque asfáltico de preenchimento do esqueleto pétreo formado pelo agregado grosso, quando o critério considerado é a fixação do teor de vazios em 4%. A utilização do CAP-30/45 proporcionou uma pequena redução no teor de ligante da mistura 05 para 05-A, o mesmo não aconteceu com as misturas 04 e 04-A.

Com a granulometria dos agregados e o teor de ligante, obtém-se o módulo de riqueza de cada mistura. Observa-se que este valor para as misturas tipo SMA são maiores do que os obtidos nas misturas densas e contínuas. Na tabela 5.24 estão mostrados os valores para cada mistura tipo SMA deste estudo.

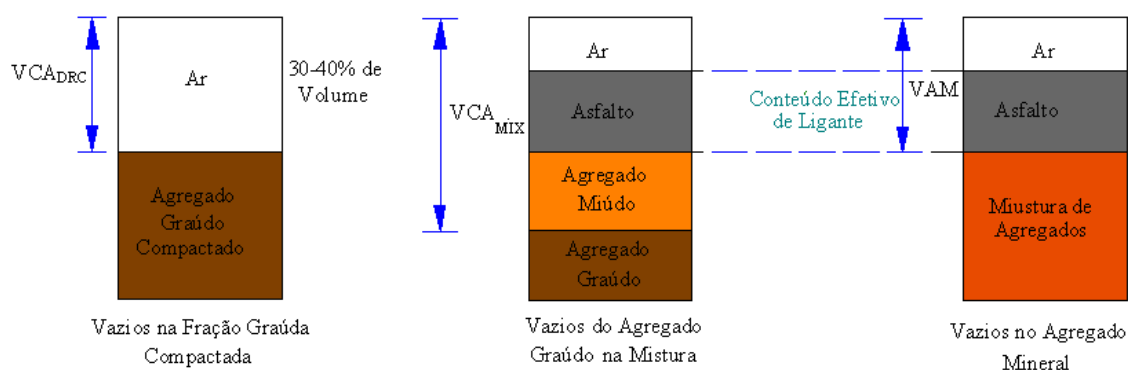
**Tabela 5.24:** Cálculo do módulo de Riqueza e espessuras do filme de asfalto das Misturas 04, 04-A, 05 e 05-A

PROPRIEDADE	SÍMBOLO	OPERAÇÃO	UN	MIST. 04	MIST. 05	MIST. 04-A	MIST. 05-A
% ASFALTO	Pb			6,8	8,25	6,9	7,8
% AGREGADO	Pa	100-Pb		93,2	91,75	93,1	92,2
DENSIDADE DO ASFALTO	$\rho_b$			1,03	1,03	1,03	1,03
DENSIDADE APARENTE DA MISTURA DE AGREGADOS	$\rho_{ap}$			2,615	2,614	2,615	2,614
DENSIDADE EFETIVA DA MISTURA DE AGREGADOS	$\rho_{ef}$			2,635	2,635	2,635	2,635
DENSIDADE APARENTE DA MISTURA ASFÁLTICA COM PACTADA	d			2,301	2,255	2,298	2,269
VOLUME DA MISTURA ASFÁLTICA COMPACTADA	V			1	1	1	1
MASSA TOTAL DA MISTURA COMPACTADA	Mt	$V \times d \times 1,000$	g	2,301	2,255	2,298	2,269
MASSA DE ASFALTO CONTIDA NA MISTURA	Mb	$Pb \times Mt$	g	0,156	0,186	0,159	0,177
MASSA DE AGREGADO NA MISTURA	Ma	$Mt - Mb$	g	2,145	2,069	2,139	2,092
VOLUME EFETIVO DE AGREGADOS	Vef	$\frac{Ma}{\rho_{ef} \times 1,0}$	cm <sup>3</sup>	0,814	0,785	0,812	0,794
VOLUME APARENTE DE AGREGADOS NA MISTURA	Vap	$\frac{Ma}{\rho_{ap} \times 1,0}$	cm <sup>3</sup>	0,820	0,792	0,818	0,800
VOLUME DE ASFALTO ABSORVIDO	Vb <sub>abs</sub>	$V_{ap} - V_{ef}$	cm <sup>3</sup>	0,006	0,006	0,006	0,006
VOLUME TOTAL DE ASFALTO NA MISTURA	Vb	$\frac{Mb}{\rho_b \times 1,0}$	cm <sup>3</sup>	0,152	0,181	0,154	0,172
VOLUME EFETIVO DE ASFALTO NA MISTURA	Vb <sub>ef</sub>	$V_b - V_{b_{abs}}$	cm <sup>3</sup>	0,146	0,174	0,148	0,165
VOLUME DE AR CONTIDO NA MISTURA ASFÁLTICA COMPACTADA	Var	$Vt - V_b - V_{ef}$	cm <sup>3</sup>	0,034	0,034	0,034	0,034
MASSA DE ASFALTO EFETIVA CONTIDA NA MISTURA	Mb <sub>ef</sub>	$V_{b_{ef}} \times \rho_b \times 1,000$	g	0,150	0,179	0,152	0,170
MASSA DE ASFALTO ABSORVIDA PELO PELOS AGREGADOS	Mb <sub>abs</sub>	$Mb - Mb_{ef}$	g	0,006	0,007	0,006	0,007
ÁREA SUPERFICIAL DA MISTURA DE AGREGADOS	AS		m <sup>2</sup> /kg	12,67	12,43	12,67	12,43
ESPESSURA DO FILME DE ASFALTO ENVOLVENDO OS AGREGADOS	Tf	$T_f = \frac{V_{b_{ef}}}{AS \times Ma} \times (1.000)$	mm	5,36	6,78	5,45	6,36
FATOR DE CORREÇÃO PARA O MÓDULO DE RIQUEZA	a	2,65/ref		1,006	1,006	1,006	1,006
MÓDULO DE RIQUEZA	k	$Pb / a (\Sigma)^{0,2}$		4,07	4,96	4,13	4,69

### 5.4.2.3 Determinação de $VCA_{MIX}$ e $VCA_{DRC}$

Os vazios do agregado graúdo na mistura ( $VCA_{MIX}$ ) correspondem ao volume entre as partículas de agregado graúdo. Neste volume estão incluídos o volume de filer, agregado miúdo, ligante asfáltico, fibra e volume de vazios. Segundo NAPA (2002), o  $VCA_{MIX}$  relaciona a densidade aparente da mistura SMA, densidade aparente do agregado graúdo e porcentagem de agregado do total da mistura granulométrica retida na peneira de quebra, apresentadas na tabela 5.25.

Os vazios do agregado graúdo  $VCA_{DRC}$  (DRC = “Dry Rodder Unit Weight” – Peso Unitário Seco Compactado), corresponde ao volume entre as partículas do agregado grosso, incluindo apenas o volume de ar, quando compactado. Segundo Brow e Coocey (1999) o  $VCA_{DRC}$  define a condição para garantir um elevado atrito interno da mistura, figura 5.17.



**Figura 5.17:** Diagrama dos componentes – SMA

Os parâmetros  $VCA_{MIX}$  e  $VCA_{DRC}$  são obtidos através das expressões (5.3 e 5.4).

$$VCA_{DRC} = \left( \frac{G_{CA}\gamma_w - \gamma_s}{G_{CA}\gamma_w} \right) * 100 \quad (5.3)$$

Onde:

$VCA_{DRC}$  : vazios da fração graúda do agregado compactado, %;

$\gamma_s$  : massa específica da fração graúda do agregado seco compactado,  $\text{kg/m}^3$ ;

$\gamma_w$  : massa específica da água ( $0,998 \text{ ton/m}^3$ );

$G_{CA}$  : massa específica aparente da fração graúda do agregado,  $\text{kg/m}^3$ ;

$$VCA_{MIX} = 100 - \left( \frac{G_{MB}}{G_{CA}} * P_{CA} \right) \quad (5.4)$$

Onde:

$VCA_{MIX}$  : vazios da fração graúda do agregado na mistura compactada, %;

$G_{MB}$  : massa específica aparente da mistura compactada,  $\text{kg/m}^3$  ;

$G_{CA}$  : massa específica aparente da fração graúda do agregado,  $\text{kg/m}^3$  ;

$P_{CA}$  : % de fração graúda do agregado em relação ao peso total da mistura.

A fração de agregado graúdo é definida como sendo a porção relativa à mistura total de agregados, retida numa determinada peneira que varia de acordo com o diâmetro nominal máximo dos agregados, como apresentado na tabela 5.25.

**Tabela 5.25:** Definição da Fração Graúda de Agregado em mistura tipo SMA (NAPA, 2002)

<b>DIÂMETRO NOMINAL MÁXIMO DOS AGREGADOS</b>		<b>PORÇÃO DE AGREGADO RETIDA NA PENEIRA</b>	
<i>mm</i>	<i>PENEIRA</i>	<i>mm</i>	<i>PENEIRA</i>
25	1"	4,75	# 4
19	3/4"	4,75	# 4
12,5	1/2"	4,75	# 4
9,5	3/8"	2,36	# 8
4,75	# 4	1,18	# 16

A massa específica aparente da fração graúda do agregado ( $G_{CA}$ ) foi determinada através do método de ensaio DNER-ME 081/98. A tabela 5.26, contém os valores das amostras com seixo britado.

**Tabela 5.26:** Valores da Densidade específica Aparente do seixo britado deste estudo

<b>AMOSTRA</b>	<b>SEIXO BRITADO</b>	<b><math>G_{CA}</math> (MÉDIO)</b>
01	4,8 mm < D < 9,5mm	2.590 $\text{kg/m}^3$
02	9,5mm < D < 12,7mm	2.590 $\text{kg/m}^3$

A massa específica da fração graúda do agregado seco compactado ( $\gamma_s$ ) foi obtida através do método de ensaio DNER-ME 153/97. Os resultados estão apresentados na tabela 5.27.

**Tabela 5.27:** Resultados do valor  $\gamma_s$  para o seixo Britado deste estudo

<b>AMOSTRA</b>	<b>SEIXO BRITADO</b>	$\gamma_s$ (MÉDIO)
01	4,8 mm < D < 9,5mm	1.540 kg/m <sup>3</sup>
02	9,5mm < D < 12,7mm	1.530 kg/m <sup>3</sup>

Na tabela 5.28 estão relacionados os parâmetros e valores de  $VCA_{DRC}$  e  $VCA_{MIX}$ , das quatro misturas tipo SMA.

**Tabela 5.28:** Valores de  $VCA_{DRC}$  e  $VCA_{MIX}$ , calculados pelas expressões 5.3 e 5.4, para as misturas tipo SMA deste estudo

<b>MISTURA</b>	$G_{CA}$ kg/m <sup>3</sup>	$\gamma_s$ kg/m <sup>3</sup>	$\gamma_w$ ton/m <sup>3</sup>	$G_{MB}$ kg/m <sup>3</sup>	$P_{CA}$ %	<b>VALORES CALCULADOS</b>	
						$VCA_{DRC}$ %	$VCA_{MIX}$ %
04	2.590	1.530	0,998	2.298	71,01	40,80	36,99
04-A	2.590	1.530	0,998	2.302	70,93	40,80	36,95
05	2.590	1.540	0,998	2.269	68,63	40,42	39,87
05-A	2.590	1.540	0,998	2.280	68,97	40,42	39,28

Os valores de  $VCA_{DRC}$  são idênticos para as misturas 04 e 04-A e misturas 05 e 05-A, pelo fato de suas granulometrias serem idênticas. Para as quatro misturas, o valor do  $VCA_{MIX}$  é menor do que o valor do  $VCA_{DRC}$ , o que garante um melhor contato entre agregado graúdo – agregado graúdo, conforme recomendação para misturas descontínuas tipo SMA (NAPA, 2002).

#### 5.4.2.4 Determinação da quantidade de fibra a adicionar através do escorrimento de misturas asfálticas não compactadas - AASHTO T 305/97

Através desse método é possível estabelecer a quantidade de material escorrido (gotejado) de uma amostra de mistura asfáltica a quente não compactada quando a mesma é mantida a temperaturas elevadas, comparáveis com aquelas usadas durante a produção, estocagem, transporte e espalhamento. Por esse método determina-se quando a quantidade de material escorrido para uma dada mistura asfáltica está dentro de limites aceitáveis. Segundo AASHTO T 305/97 o escorrimento ou gotejamento da mistura é aquela porção de material que se separa da amostra como um todo e é depositada fora da cesta de arame durante o ensaio, sendo este material drenado podendo ser CAP ou uma combinação de CAP, aditivos e/ou agregado miúdo (MOURÃO, 2003).

Foram realizados ensaios em misturas asfálticas sem fibra, com 0,3, 0,5 e 0,7% de fibra de celulose (VIATOP 66), e com os ligantes asfálticos (CAPs 50/70 e 30/45). O teor de ligante foi o de projeto para cada mistura.

Segundo NAPA (2002), o escorrimento deve ser determinado à temperatura de mistura prevista na usina, e não pode exceder 0,3%.

A tabela 5.29, contém o resultado do ensaio das quatro misturas.

**Tabela 5.29:** Resultados do Ensaio de Escorrimento para as Misturas 04, 04-A, 05 e 05-A

MISTURAS	LIGANTE	TEMPERATURA	ESCORRIMENTO (%)			
			SEM FIBRA	0,3% DE FIBRA	0,5% DE FIBRA	0,7% DE FIBRA
04	CAP-50/70	170°C	0,39	0,19	0,14	-
04-A	CAP-30/45	171°C	0,21	0,05	-	-
05	CAP-50/70	170°C	3,91	1,27	0,55	0,04
05-A	CAP-30/45	171°C	5,59	0,94	0,31	0,15

Dos dados da tabela 5.29, através de interpolação, obtém-se para escorrimento máximo de 0,3% (NAPA 2002), os percentuais de fibra a serem utilizados em cada mistura, apresentados na tabela 5.30. Com a utilização do CAP-30/45, não se faz necessário utilizar fibra na mistura 04-A, e na mistura 05-A, houve uma redução de 0,1% em relação a mistura 05, onde utilizou-se o CAP-50/70. Na figura 5.18 estão mostrados os resultados do ensaio de escorrimento, referente as misturas 04, 04-A, 05 e 05-A. Na Figura 5.19 é mostrado o conjunto de equipamento necessário para o ensaio de escorrimento e na Figura 5.20 uma amostra da fibra usada neste estudo.



(a) Escorrimento, mistura 04.



(b) Escorrimento, mistura 04-A.



(c) Escorrimento, mistura 05.



(d) Escorrimento, mistura 05-A.

**Figura 5.18:** Determinação do teor de fibra pelo ensaio de escorrimento para as misturas SMA deste estudo**Tabela 5.30:** Teores de Fibra a serem usadas nas Misturas Tipo SMA

<b>MISTURA</b>	<b>LIGANTE</b>	<b>LIGANTE DE PROJETO %</b>	<b>FIBRAS %</b>	<b>OBS</b>
04	CAP-50/70	6,8	0,2	-
04-A	CAP-30/45	6,9	0,0	Mesma Granulometria da M-04
05	CAP-50/70	8,25	0,6	-
05-A	CAP-30/45	7,8	0,5	Mesma Granulometria da M-05

**Figura 5.19:** Cesta usada no Ensaio de escorrimento de Misturas Asfálticas não Compactadas (AASHTO T 305/97)



**Figura 5.20:** Amostra de fibra de celulose, designado de VIATOP 66, usada neste estudo

#### 5.4.2.5 Resistência da Mistura Asfáltica Compactada ao Dano por Umidade Induzida – AASHTO T 283/89

A avaliação do dano causado pela umidade é de grande importância, visto que esta afeta diretamente o desempenho e a vida de serviço dos pavimentos.

Para o presente estudo, o teste de sensibilidade à ação deletéria da água foi realizado seguindo a metodologia AASHTO T 283/89 VERSÃO T 283-03 (LOTTMAN).

Para a confecção dos CPs pelo compactador Marshall, com vazios entre 6,5 e 7,5%, foi necessária a moldagem de CPs com diferentes números de golpes, a fim de traçar um gráfico (número de golpes x volume de vazios), para que se obtivesse o número de golpes necessários. Para a realização do ensaio de RRT, o número de golpes foi determinado para cada mistura separadamente no teor de projeto determinado. Os ensaios foram realizados no laboratório da COPPE/RJ.

Na Tabela 5.31 estão apresentados os resultados obtidos com o ensaio Lottman. Nela estão incluídos as densidades, volumes de vazios, resistência a tração por compressão diametral após o condicionamento – Rtu (saturação, congelamento e aquecimento em água), a resistência a tração por compressão diametral sem condicionamento – RT e a resistência a



tração retida por umidade induzida (RRT) para as misturas analisadas. Os dados apresentados referem-se a média de três corpos de prova para cada mistura.

Observa-se pela Tabela que todas as misturas apresentam valores de RRT superiores a 80%, limite de aceitação adotado para dano induzido por umidade em misturas asfálticas a quente (no SMA –  $RRT \geq 70\%$ ), provavelmente devido ao teor de ligante empregado nas misturas avaliadas, havendo assim uma película maior de ligante sobre os agregados. Esse teor mais elevado de ligante, com a finalidade de compensar os vazios gerados pelo excesso de agregado graúdo para as sete misturas, foi o provável responsável pela melhor resistência das misturas a ação deletéria da água.

**Tabela 5.31:** Valores obtidos no ensaio Lottman

MISTURA	DENSIDADE		VOLUME DE VAZIOS	NÚMERO DE GOLPES	RESISTÊNCIA A TRAÇÃO (MPa)		
	Aparente	Máxima Teórica	V <sub>v</sub> (%)		RT MPa	RT <sub>u</sub> MPa	RRT (%)
01	2,255	2,427	7,1	22	0,75	0,96	128
02	2,262	2,441	7,3	28	0,74	0,87	117
03	2,261	2,435	7,1	26	0,79	0,90	114
04	2,229	2,397	7,0	19	0,60	0,69	115
05	2,178	2,349	7,3	20	0,53	0,60	113
04-A	2,225	2,394	7,1	22	0,87	1,15	132
05-A	2,191	2,364	7,3	21	0,79	0,83	105



## **CAPÍTULO 6: CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DAS MISTURAS ASFÁLTICAS DESTE ESTUDO**

### 6.1 INTRODUÇÃO

O comportamento mecânico dos materiais que compõem as camadas do pavimento, sofrem limitações de serem obtidos em campo, em função das dificuldades de realização de ensaios “in situ”, como também a construção de trechos experimentais, que requerem um aporte de recursos financeiros considerável. Por isso, a utilização de ensaios em laboratório é um processo bastante difundido, o que tem levado constantemente ao aprimoramento dos equipamentos, visando reproduzir tanto quanto possível as situações a que o pavimento é solicitado em campo, no que se refere a temperatura, carregamento, compactação, níveis de tensão, etc. Estas condicionantes, a que o pavimento é submetido, variam ao longo do tempo de forma desordenada, tornando difícil a seleção de condições de ensaios apropriados.

O dimensionamento dos pavimentos pelos órgãos rodoviários brasileiros é realizado por métodos empíricos. Cita-se, como exemplo, o método da resistência (DNER), elaborado pelo engenheiro Murilo Lopes com base no ensaio de CBR e no número “N” de projeto. A experiência tem demonstrado que as estruturas dos pavimentos, calculada por este método, protege com folga o subleito, absorvendo as tensões verticais causadas pelo tráfego e transmitindo ao subleito tensões inferiores a capacidade de suporte destes. No que se refere a fadiga das misturas asfálticas o método apresenta deficiência em alguns casos. Tem-se verificados trechos novos com o aparecimento prematuro de trincas no revestimento.

A necessidade de um método de dimensionamento mais racional fez surgir o método de dimensionamento “mecânico”, que considera a análise de tensões e deformações em meios elásticos. Porém, um pavimento flexível não é composto apenas de materiais elásticos, de forma que não existe um método puramente mecânico, conforme mencionado por Motta (1991). Existe ainda a limitação de que as tensões/deformações calculadas numericamente para a passagem de uma carga não são usadas diretamente, mesmo quando considerados modelos constitutivos sofisticados. Estas são obtidas através das funções de transferência, que relacionam a resposta estrutural com a vida em campo. As análises numéricas deixam, muitas vezes, também de levar em consideração fatores que ocorrem em campo, como: envelhecimento do ligante, mudanças climáticas, etc.

## 6.2 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste trabalho o comportamento mecânico das sete misturas asfálticas foram avaliadas por meio dos ensaios de:

- Módulo de resiliência
- Resistência a tração por compressão diametral
- Fadiga por compressão diametral
- Compressão axial dinâmico (Creep dinâmico).

Para cada mistura foram confeccionados 36 corpos de provas no teor de ligante definido pelo Método Marshall, e distribuídos conforme tabela 6.1.

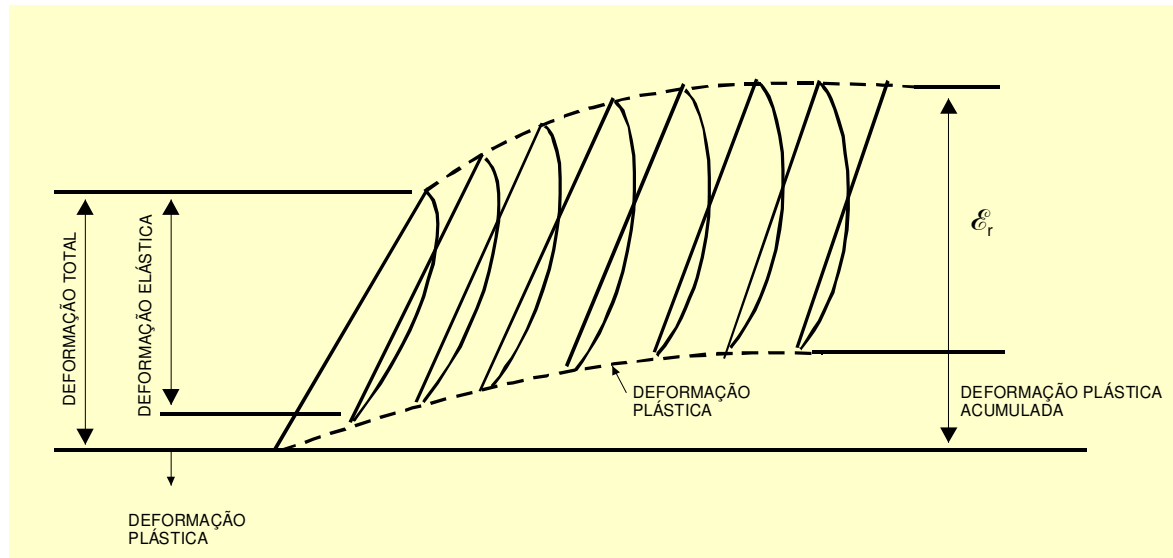
**Tabela 6.1:** Distribuição dos CPs para realização dos ensaios

<i>ENSAIOS</i>	<i>Nº DE CORPOS DE PROVAS</i>						
	<i>MISTURAS DENSAS E CONTÍNUAS</i>			<i>MISTURAS DESCONTÍNUAS (SMA)</i>			
	<i>MISTURA 01 CAP (50/70)</i>	<i>MISTURA 02 CAP (50/70)</i>	<i>MISTURA 03 CAP (50/70)</i>	<i>MISTURA 04 CAP (50/70)</i>	<i>MISTURA 05 CAP (50/70)</i>	<i>MISTURA 04-A CAP (30/45)</i>	<i>MISTURA 05-A CAP (30/45)</i>
Módulo	4	4	4	4	4	4	4
Resistência a Tração	4	4	4	4	4	4	4
Fadiga	20	20	20	20	20	20	20
Creep	8	8	8	8	8	8	8

### 6.2.1 Módulo de Resiliência

O módulo de resiliência (MR) vem sendo adotado como um módulo elástico para dimensionar pela teoria da elasticidade, juntamente com o coeficiente de Poisson, representando o comportamento dos materiais quando usada a teoria da elasticidade. É sabido que a maioria dos materiais utilizados na pavimentação não são elásticos, contudo, segundo Huang (1993), se a carga aplicada é pequena quando comparada à resistência do material e é repetida por um número elevado de vezes (geralmente, acima de 200), a deformação sofrida pelo material é quase completamente recuperável e pode ser considerada como elástica. Na figura 6.1 está ilustrada a deformação de uma amostra de mistura asfáltica quando submetida a carregamento repetido. A maior parte da deformação permanente sofrida pela amostra ocorre no estágio

inicial de aplicação de carga, e com o aumento do número de repetições essa deformação permanente diminui.



**Figura 6.1:** Deformações sobre carregamentos repetidos (HUANG, 1993)

No trabalho realizado por Souza e Soares (2003), os autores mencionam a importância de se considerar as misturas asfálticas como materiais viscoelásticos e não elásticos. No caso de materiais elásticos, é comum se considerar os valores do módulo de Young, do módulo de resiliência e do módulo dinâmico numericamente iguais. Porém, para materiais viscoelásticos, até mesmo o módulo de resiliência e o módulo dinâmico diferem entre si.

O módulo resiliênte foi determinado a 25°C em CPs moldados em laboratório, e o resultado foi obtido através da leitura de deformação instantânea. As tensões empregadas nos ensaios levaram em consideração o valor de tensão do ensaio de RT, com percentual variando entre 15 e 20%. A norma brasileira limita esse percentual em 30%, enquanto a norma americana recomenda que a deformação vertical total acumulada não ultrapasse 0,025mm. A carga recomendada pela norma americana deve variar de 10 e 50% do valor de RT, a depender da temperatura de ensaio.

Segundo Medina (1997), a teoria da elasticidade, aplicada à situação de distribuição de tensões e deformações em cilindros carregados diametralmente, permite exprimir o módulo de elasticidade em função da força vertical aplicada no CP e do deslocamento horizontal produzido e mensurável, bastando que se conheça o coeficiente de Poisson do material,

geralmente assumido 0,3 para misturas asfálticas, a 25°C e as dimensões do CP, conforme equação 6.1.

$$MR = \frac{F}{\Delta h} (0,9976\mu + 0,2692) \quad (6.1)$$

em que:

$F$  : carga vertical repetida aplicada diametralmente no CP, kg;

$\Delta$  : deslocamento elástico ou resiliente, cm;

$h$  : altura do CP, cm;

$\mu$  : coeficiente de Poisson.

Os equipamentos utilizados na execução do ensaio são:

- Sistema pneumático de carregamento.
- Sistema de medição de deformação da amostra.
- Estrutura de suporte com acessórios.



**Figura 6.2:** Equipamento de carga repetida para ensaio de compressão diametral do LEP/UFCG

O procedimento para realização de ensaio está descrito a seguir:

- Posicionar o CP na base da estrutura de suporte, entre dois frisos.
- Fixar e ajustar o LVDT de modo a se obter o registro dos deslocamentos.
- Assentar o pistão de carga e o LVDT no CP.
- Condicionar o CP: aplicar 200 vezes uma carga vertical (F) repetida diametralmente no CP, de modo a se obter uma tensão menor ou igual a 30% da resistência à tração determinada no ensaio de compressão diametral estático. A frequência de aplicação de carga é de 60 ciclos por minuto, com duração de 0,1 segundo. O registro dos deslocamentos resilientes deve ser feito para 300, 400 e 500 aplicações da carga (F).
- Calcular o MR baseado na equação 6.1, que será uma média dos valores determinados a 300, 400 e 500 aplicações de carga.

A tabela 6.2 contém os resultados dos módulos de resiliência obtidos para as misturas, realizados a uma temperatura de 25°C.

**Tabela 6.2:** Resultados dos módulos de resiliência

MISTURA	LIGANTE	TIPO	MÓDULOS ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )				ESTATÍSTICO		
			CPs 01	CPs 02	CPs 03	CPs 04	MÉDIA ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	DESVIO PADRÃO	COEFICIENTE VARIAÇÃO
01	CAP-50/70	Densa e Contínua	26.662	25.510	26.153	26.734	<b>26.265</b>	566	2,1%
02	CAP-50/70	Densa e Contínua	25.286	25.704	24.154	28.754	<b>25.974</b>	1.965	7,5%
03	CAP-50/70	Densa e Contínua	25.439	25.225	25.888	24.154	<b>25.176</b>	735	2,9%
04	CAP-50/70	Descontínua (SMA)	45.737	43.360	47.318	48.215	<b>46.157</b>	2.127	4,6%
05	CAP-50/70	Descontínua (SMA)	38.668	36.608	47.063	39.586	<b>40.481</b>	4.561	11,2%
04-A	CAP-30/45	Descontínua (SMA)	44.594	45.002	43.493	38.270	<b>42.840</b>	3.112	7,2%
05-A	CAP-30/45	Descontínua (SMA)	41.922	40.882	43.493	43.544	<b>42.460</b>	1.294	3,0%

Os módulos das misturas 01, 02 e 03, densas e contínuas, apresentaram valores muito semelhantes, variando de 25.176  $\text{kg}/\text{cm}^2$  à 26.265  $\text{kg}/\text{cm}^2$ . Nas misturas 04, 05, 04-A e 05-A descontínuas (SMA) houve um acréscimo de aproximadamente 66% nos módulos, em relação

as misturas densas e contínuas, com valores em torno de  $43.000 \text{ kg/cm}^2$ . Conclui-se também que a utilização do ligante CAP-30/45 nas misturas 04-A e 05-A, influenciou pouco nos valores dos módulos, quando comparado com as misturas 04 e 05 que tiveram como ligante o CAP-50/70.

Afirmar que quanto maior o valor do módulo de resiliência melhor o desempenho da mistura asfáltica pode não ser verdadeiro. As misturas asfálticas devem possuir flexibilidade suficiente para suportar as solicitações do tráfego e boa resistência a tração para evitar rupturas precoces (REIS, 2002).

### **6.2.2 Resistência à Tração Estática por Compressão Diametral**

O ensaio de tração indireta por compressão diametral, também conhecido como “ensaio brasileiro”, foi desenvolvido por Lobo Carneiro (CARNEIRO, 1953) com a finalidade de determinar a resistência à tração de corpos-de-prova de concreto de cimento Portland por solicitações estáticas.

O ensaio é realizado em corpos-de-prova cilíndricos, segundo a norma DNER-ME 138/94, e consiste na aplicação de uma carga estática de compressão distribuída ao longo de duas geratrizes opostas, do corpo de prova.

Os equipamentos necessários à execução do ensaio são:

- Prensa mecânica com sensibilidade inferior ou igual a  $19,6\text{N}$  (ou  $2,0\text{kgf}$ ), com êmbolo movimentando-se a uma velocidade de  $0,8 \pm 0,1\text{mm/s}$ .
- Estufa capaz de manter a temperatura entre  $30$  e  $60^\circ\text{C}$ .
- Sistema de refrigeração capaz de manter a temperatura em torno de  $25^\circ\text{C}$ .
- Paquímetro.

O procedimento de ensaio pode ser resumido conforme descrito a seguir:

- Medir a altura ( $h$ ) do corpo-de-prova com paquímetro em quatro posições diametralmente opostas; adotar como altura a média aritmética das quatro leituras.
- Medir o diâmetro ( $D$ ) do corpo-de-prova com paquímetro, em três posições; adotar como diâmetro a média aritmética das três leituras.

- Colocar o corpo-de-prova na estufa, ou sistema de refrigeração, por um período de duas horas, de modo a se obter a temperatura requerida para o ensaio (25, 30, 45 ou 60°C).
- Ajustar os pratos da prensa até que seja obtida uma leve compressão, capaz de manter o corpo-de-prova em posição.
- Aplicar a carga progressivamente, com velocidade de deformação de  $0,8 \pm 0,1$  mm/s, até que se dê a ruptura do corpo-de-prova segundo o plano diametral vertical.
- Com o valor de carga de ruptura ( $F$ ) obtido, calcula-se a resistência à tração do corpo-de-prova segundo a expressão:

$$RT = \frac{2F}{\pi Dh} \quad (6.2)$$

em que,

$RT$  : resistência à tração, kg/cm<sup>2</sup>

$F$  : carga de ruptura, kg;

$D$  : diâmetro do corpo-de-prova, cm;

$h$  : altura do corpo-de-prova, cm.

Neste trabalho adotou-se a temperatura de ensaio de 25°C. Os resultados obtidos para as misturas analisadas estão resumidos na Tabela 6.3.

**Tabela 6.3:** Resultado dos ensaios de resistência a tração das misturas deste estudo

MISTURA	LIGANTE	TIPO	RESISTÊNCIA A TRAÇÃO(kg/cm <sup>2</sup> )				ESTATÍSTICO		
			CPs 01	CPs 02	CPs 03	CPs 04	MÉDIA (kg/cm <sup>2</sup> )	DESVIO PADRÃO	COEFICIENTE VARIAÇÃO
01	CAP-50/70	Densa e Contínua	7,56	7,54	7,81	7,78	<b>7,67</b>	0,14	1,8%
02	CAP-50/70	Densa e Contínua	7,93	7,54	7,50	7,40	<b>7,59</b>	0,23	3,0%
03	CAP-50/70	Densa e Contínua	7,48	8,51	8,24	8,30	<b>8,13</b>	0,45	5,5%
04	CAP-50/70	Descontínua (SMA)	6,34	5,74	6,22	6,19	<b>6,12</b>	0,26	4,2%
05	CAP-50/70	Descontínua (SMA)	5,45	5,42	5,28	5,60	<b>5,44</b>	0,13	2,3%
04-A	CAP-30/45	Descontínua (SMA)	8,88	8,94	8,93	8,75	<b>8,88</b>	0,09	0,9%
05-A	CAP-30/45	Descontínua (SMA)	7,77	8,14	8,34	8,05	<b>8,07</b>	0,24	2,9%

Da tabela 6.3 observa-se que das misturas densas e contínuas (01,02 e 03), a mistura 03 foi a que apresentou maior resultado de resistência a tração, com valor de 8,13 kg/cm<sup>2</sup>, seguida pela mistura 01, com 7,67 kg/cm<sup>2</sup> e da mistura 02 com 7,59 kg/cm<sup>2</sup>. Provavelmente a utilização do seixo britado, proporcionou o aumento da RT da mistura 03, pois, se observarmos os valores de RT da mistura 01 e da mistura 02, estes são praticamente iguais, o que dificulta afirmar se o teor de ligante ou a granulometria de cada mistura influenciou nos resultados.

Nas misturas descontínuas, tipo SMA (04, 05, 04-A e 05-A), houve influência do teor de ligante e do tipo de ligante utilizado. A mistura 04, com teor de ligante de 6,8%, apresentou valor de RT de 6,12 kg/cm<sup>2</sup>, superior ao da mistura 05, com teor de ligante de 8,25% e RT de 5,44 kg/cm<sup>2</sup>. A mesma tendência foi observada na mistura 04-A, com teor de ligante de 6,9% e valor de RT de 8,88 kg/cm<sup>2</sup>, superior ao da mistura 05-A, com teor de ligante de 7,8% e RT de 8,07 kg/cm<sup>2</sup>, ou seja, com o mesmo tipo de ligante, quanto maior o teor de projeto, menor o resultado da resistência a tração.

Quando se comparam as misturas 04 e 04-A, ambas com a mesma granulometria, mas com tipo de ligantes diferentes, observa-se que o valor de RT da mistura 04-A (8,88 kg/cm<sup>2</sup>), com



ligante CAP-30/45, foi bem superior ao valor de RT da mistura 04 (6,12 kg/cm<sup>2</sup>), com ligante CAP-50/70. O mesmo se observa com as misturas 05 e 05-A, ambas com granulometria idênticas, mas com ligantes diferentes. A mistura 05-A, com ligante CAP-30/45, apresentou RT de 8,07 kg/cm<sup>2</sup> bem superior ao da mistura 05, com ligante CAP-50/70 e valor de RT de 5,44 kg/cm<sup>2</sup>.

Foi avaliado o valor de MR/RT, a fim de comparar esses valores com os encontrados por Soares et al (2002) para misturas CBUQ na faixa C do DNER, que utilizaram o CAP 50/60 oriundo do petróleo venezuelano Bachaquero. Os resultados encontrados por esses autores variaram de 3.000 a 3.500. Neste trabalho os valores estão descritos na tabela 6.4.

**Tabela 6.4:** Resultados da razão MR/RT

<i>MISTURAS</i>	<i>TIPO</i>	<i>LIGANTE</i>	<i>RAZÃO (MR/RT)</i>
01	Densa e Contínua	CAP-50/70	3.424
02	Densa e Contínua	CAP-50/70	3.422
03	Densa e Contínua	CAP-50/70	3.096
04	Descontínua (SMA)	CAP-50/70	7.541
05	Descontínua (SMA)	CAP-50/70	7.441
04-A	Descontínua (SMA)	CAP-30/45	4.824
05-A	Descontínua (SMA)	CAP-30/45	5.261

### 6.2.3 Fadiga por Compressão Diametral a Tensão Controlada

A fadiga de um material é um processo de deterioração estrutural quando este é submetido a um estado de tensões e deformações repetidas. A carga aplicada na amostra pode ser muito menor que a carga de ruptura do mesmo, resultando em trincas após um número elevado de repetições do carregamento.

No Brasil, a prática comum é utilização do ensaio de fadiga a tensão controlada, que não necessita da utilização de LVDT, nem do suporte para fixação do mesmo. Monismith (1958 apud LOUREIRO, 2003) foi um dos primeiros autores a definir a vida de fadiga como sendo o número total de aplicações de carga necessária à fratura completa da amostra. A carga

aplicada deve induzir tensões normais horizontais de 10 a 50% do valor de RT (MEDINA, 1997).

A vida de fadiga à tensão controlada pode ser expressa pelas equações 6.3 e 6.4 descritas a seguir.

$$N = k_1 \left( \frac{1}{\sigma_t} \right)^{n_1} \quad (6.3)$$

$$N = k_2 \left( \frac{1}{\Delta\sigma} \right)^{n_2} \quad (6.4)$$

em que:

$N$  : vida de fadiga;

$\sigma_t$  : tensão de tração;

$\Delta\sigma$  : diferença entre as tensões de compressão e tração no centro da amostra;

$k_1, k_2, n_1$  e  $n_2$  : constantes determinadas a partir de resultados experimentais.

Neste trabalho, adotou-se o procedimento utilizado na COPPE/UFRJ, descrito por Mourão (2003):

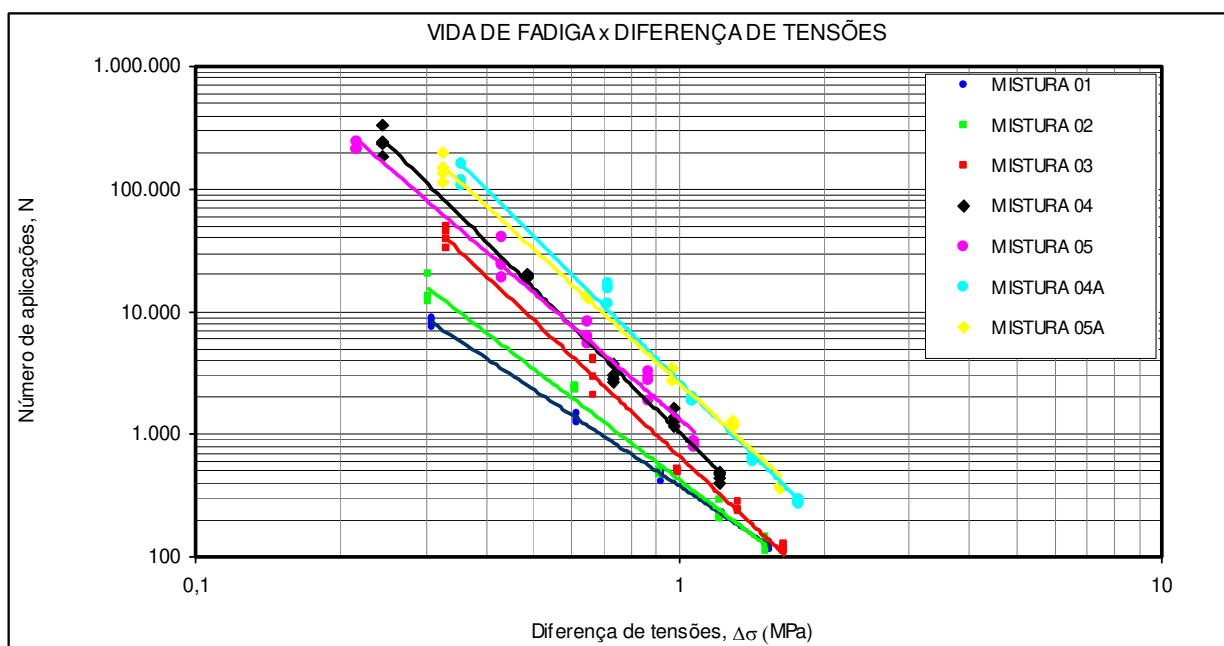
- Posicionar o CP na base da prensa, apoiando o mesmo no friso inferior.
- Assentar o pistão de carga com o friso superior em contato com o CP diametralmente oposto ao friso inferior.
- Aplicar uma carga que induza a tensões de tração horizontais aproximadamente entre 10 e 50% do valor de RT previamente determinada.
- Aplicar cargas com frequência de 1Hz com tempo de carregamento de 0,1s e 0,9s de descarregamento.

Foram realizados ensaios com cinco (10, 20, 30, 40 e 50% de RT) níveis de tensão e temperatura de 25°C. A tabela 6.5 contém os valores do número de aplicações, para os diferentes níveis de tensão usados em cada uma das misturas.

**Tabela 6.5:** Número de aplicações de cargas, obtidos nos ensaios de fadiga das misturas asfálticas deste estudo

CORPO DE PROVA	NÍVEL DE TENSÃO	NÚMERO DE APLICAÇÕES						
		MISTURA 01	MISTURA 02	MISTURA 03	MISTURA 04	MISTURA 05	MISTURA 04-A	MISTURA 05-A
01	10%	7551	13.530	32.869	185.691	244.358	118.882	133.658
02	10%	8926	20.368	44.886	241.626	210.512	106.488	147.975
03	10%	8113	12.154	38.591	232.442	82.577	46.962	194.292
04	10%	8582	12.993	49.794	329.575	211.619	161.656	113.121
01	20%	1278	2448	4.104	19.856	19.008	11.500	13.955
02	20%	1317	2388	2.946	20.335	23.733	16.155	13.460
03	20%	1249	2354	3.959	19.483	24.476	16.896	13.258
04	20%	1451	2270	2.104	19.057	40.370	15.551	12.791
01	30%	486	499	497	2.879	8.408	2.017	3.340
02	30%	418	466	500	2.661	5.432	1.902	3.469
03	30%	469	484	493	3.722	5.769	1.961	3.340
04	30%	507	512	518	3.001	6.186	1.878	2.762
01	40%	229	208	234	1.650	2.767	612	1.182
02	40%	231	224	240	1.365	2.960	627	1.206
03	40%	224	291	280	1.146	3.234	608	1.285
04	40%	232	225	248	1.266	1.849	648	1.167
01	50%	116	110	113	401	835	295	373
02	50%	131	145	111	471	785	290	365
03	50%	113	127	121	487	875	270	363
04	50%	125	129	127	447	805	275	385

Na figura 6.3 estão apresentadas as linhas de tendência dos ensaios de fadiga das misturas estudadas e na tabela 6.6 estão os valores de  $k_2$ ,  $n_2$  e  $R^2$  (coeficiente de determinação) para estas linhas de tendências das misturas.

**Figura 6.3:** Representação dos ensaios de fadiga: Número de repetições x diferença de tensões para as misturas asfálticas deste estudo

**Tabela 6.6:** Valores de  $K_2$ ,  $n_2$  e  $R^2$  para as misturas asfálticas deste estudo em função de  $(\Delta\sigma)$ 

<i>MISTURA</i>	$K_2$	$n_2$	$R^2$
01	381,23	2,6079	0,9984
02	432,14	3,0018	0,9905
03	667,85	3,6815	0,9900
04	1.056,10	3,8874	0,9937
05	1.352,30	3,4103	0,9838
04-A	2.742,60	3,9226	0,9893
05-A	2.645,90	3,6187	0,9935

Para análise de fadiga, dividiu-se as misturas em dois grupos, o das misturas densas e contínuas (misturas 01, 02 e 03) e descontínuas, tipo SMA (misturas 04, 05, 04-A e 05-A).

No grupo das misturas densas e contínuas como, os módulos são muito próximos é possível comparar diretamente as curvas de fadiga. O desempenho da mistura 03 é superior aos das misturas 02 e 01, para tensões baixas e a mistura 02 é superior ao da mistura 01. O ajuste da granulometria efetuado na mistura 02, em relação a mistura 01, com vista, a enquadrar os parâmetros definidos no método Bailey, nas faixas recomendadas, proporcionou a melhora do desempenho da mistura em relação a fadiga. Com relação a mistura 03, observa-se que sua composição granulométrica atende também ao método Bailey, mas o seixo utilizado nesta foi britado, o que elevou ainda mais o desempenho da mistura em relação a fadiga. Da análise das curvas da figura 6.3, verifica-se também que para os níveis de tensão de 30%, 40% e 50%, o comportamento das três misturas são praticamente idênticos.

As misturas descontínua, (SMA) apresentam desempenho superiores aos das misturas densas e contínuas. Analisando os dados (número de aplicação de carga) do ensaio de fadiga, tabela 6.5, poder-se-ia afirmar que as misturas 04 e 05, apresentam melhor desempenho que as misturas 04-A e 05-A. No entanto, tal análise é prematura, pois para a realização do ensaio, o nível de tensão aplicado é calculado em função da resistência de tração obtida para cada mistura, e no caso a resistência a tração das misturas 04 e 05 foram bem inferiores aos da misturas 04-A e 05-A (ver tabela 6.3). Portanto, a análise deve ser feita pelas curvas (vida de fadiga x diferença de tensões) (figura 6.3) onde observa-se que para o mesmo nível de tensão as misturas 04-A e 05-A, apresentam comportamentos superiores aos das misturas 04 e 05.

Esta melhora em termos de fadiga deve-se ao fato da utilização do ligante CAP-30/45, utilizado nas misturas 04-A e 05-A.

Quando se compara a mistura 04 (PTMN de 9,5 mm), com a mistura 05 (PTMN de 12,5 mm), verifica-se que para diferença de tensões inferior a 0,7 MPa, a mistura 04 apresenta desempenho superior ao da mistura 05, e para valores superiores a 0,7 MPa, há uma inversão.

Ao se comparar os valores da relação MR/RT, como indicativo de vida de fadiga (ver tabela 6.4), observa-se que nas misturas densas e contínuas (01, 02 e 03) obteve-se, para os menores valores de MR/RT, melhores curvas de fadiga, ou seja, a mistura 03, com valor de MR/RT de 3.096, apresentou melhor resultado de fadiga, seguido pela mistura 02 com valor de MR/RT de 3.422 e pela mistura 01 com valor de MR/RT de 3.424.

Para as misturas descontínuas, tipo SMA, obteve-se para as misturas 04 e 05, valores de MR/RT superiores a 7.400, isto foi ocasionado pelos baixos valores da resistência a tração destas misturas. As misturas 04-A e 05-A apresentaram valores de MR/RT de 4.824 e 5.261, respectivamente. No entanto, se comparar as misturas descontínuas com as misturas contínuas (01, 02 e 03), verifica-se que apesar dos valores de MR/RT, das misturas descontínuas serem bem superiores aos das misturas contínuas, o desempenho das misturas descontínuas quanto a fadiga são superiores aos das misturas contínuas.

#### **6.2.4 Ensaio de Compressão Axial Dinâmico (“Creep” Dinâmico)**

Este ensaio objetiva analisar as deformações visco-plásticas de misturas asfálticas, proporcionando uma análise comparativa em termos de resistência mecânica à deformação permanente para diferentes misturas asfálticas.

Existem três tendências de modelos para previsão de desempenho de misturas asfálticas quanto à formação de deformação permanente: modelos a partir de ensaios de comportamento reológico tipo “creep” dinâmico; modelos desenvolvidos a partir de resultados obtidos com equipamentos simuladores de tráfego; e correlações entre o tráfego e o afundamento na trilha de roda. Prepondera a utilização dos dois primeiros, uma vez que as correlações de campo são

limitadas às condições de similaridade da comparação. Quando aos outros dois tipos, não há ainda uma tendência definida pela comunidade técnica (MERIGHI e SUZUKI, 2000).

O ensaio pode ser realizado usando somente aplicação de carregamento de compressão uniaxial, como é atualmente na COPPE/UFRJ, ou aplicando-se também uma pressão de confinamento como relatado por Zhang et al (2002). O ensaio de compressão axial dinâmica consiste na aplicação de pulsos de carga ao corpo-de-prova, a uma determinada frequência, com um tempo de aplicação de carga definido. Este ensaio permite a recuperação da deformação após remoção do carregamento imposto ao corpo de prova, representando as cargas de tráfego.

O ensaio de compressão axial pode ser realizado de forma estática ou dinâmica. Segundo Motta et al (1996), há uma tendência mundial no sentido de se recomendar mais fortemente o uso dos ensaios dinâmicos que o uso dos estáticos, também na avaliação das deformações permanentes, pois melhor se comparam aos resultados de campo.

A figura 6.4 mostra o equipamento para a realização do ensaio Creep dinâmico.



**Figura 6.4:** Tipos de determinação do deslocamento permanente feitas simultaneamente nos corpos de prova das misturas asfálticas estudadas. A) Medição feita no topo do corpo de prova. B) Medição feita no centro do corpo de prova. C) Alças de sustentação

O procedimento para o Ensaio de Compressão Axial Dinâmico foi:

- Prender os quatros suportes superior e inferior por meio de garras na face cilíndrica do corpo de prova que se encontra apoiado horizontalmente.
- Posicionar o corpo de prova na base da prensa.
- Assentar o pistão de carga com a placa superior em contato com o corpo de prova diametralmente oposto à base.
- Fixar, ajustar e calibrar os medidores eletromecânicos tipo LVDT (Linear Variable Differential Transducer) de modo a obter registros na aquisição dos dados.
- Aplicar uma carga  $F$  que induza tensão de compressão axial, tensão essa de  $(1,0\text{kgf/cm}^2)$ .
- A frequência de aplicação das cargas é de 1Hz (60 ciclos por minuto) com tempo de carregamento de 0,1 segundo e 0,9 segundo de descarregamento. O tempo total de duração do ensaio é de 1 hora (3600 ciclos de carregamento) e 15 min de descarregamento.
- Registram-se os deslocamentos verticais durante a aplicação de carga  $F$ .

A deformação plástica absoluta é lida diretamente pelo LVDT. A deformação plástica específica ou relativa é obtida pela equação (6.5)

$$\varepsilon_{esp} = \frac{\varepsilon_{abs}}{h_R} \quad (6.5)$$

onde  $\varepsilon_{esp}$  é a deformação plástica específica ou relativa (mm/mm),  $\varepsilon_{abs}$  é a deformação plástica absoluta (mm), e  $h_R$  é a altura de referência (mm).

O módulo de “creep” dinâmico ou módulo de fluência dinâmica é calculado pela equação (6.6).

$$E_c = \frac{\sigma_{axial}}{\varepsilon_{esp}} \quad (6.6)$$

onde  $E_c$  é o módulo de “creep” dinâmico ou módulo de fluência dinâmica (MPa),  $\sigma_{axial}$  é a tensão axial aplicada no corpo de prova (MPa), e  $\varepsilon_{esp}$  é a deformação plástica específica ou relativa (mm/mm).

O ensaio de compressão axial dinâmico consiste na aplicação de cargas de compressão axial transientes em corpos de prova cilíndricos por 1 hora (3600 ciclos de carregamento), com 0,1 segundo de carregamento e 0,9 segundo de descarregamento. Depois dos 3.600 ciclos de carregamento, a carga é removida, e após 15 min de recuperação elástica, a deformação permanente é medida. Os ensaios de compressão axial são simples de serem realizados, a dificuldade encontrada está na preparação das faces de contato do corpo de prova, onde atuará o carregamento axial. Segundo Sá (1996), muitas vezes observa-se considerável variabilidade nos resultados dos ensaios creep para uma mesma mistura, com mesma granulometria e mesmo teor de ligante, realizados a uma mesma temperatura.

A deformação permanente indica a possibilidade de afundamento de trilha de rodas provocado somente pela mistura asfáltica. A obtenção da deformação permanente no ensaio foi lida em dois pontos diferentes: no topo, onde é feito atualmente, e no centro do corpo de prova. Metodologia essa proposta por Vianna et al (2003), como uma alternativa para a obtenção das deformações, onde as irregularidades das faces não produzem efeitos nas determinações, ficando a preocupação somente na distribuição do carregamento.

A tabela 6.7 contém os resultados dos ensaios de compressão axial dinâmico realizados nos corpos-de-provas das misturas estudadas. Para cada mistura foram confeccionados 08 corpos de prova, dos quais 04 foram ensaiados no laboratório de pavimentação da UFCG, que teve como procedimento de ensaio, medir as leituras de deformação no topo dos corpos de prova, e 04 corpos de prova ensaiados no laboratório da COPPE, no Rio de Janeiro, onde as medidas de deformação foram efetuadas no centro do corpo de prova. Em ambos laboratórios a temperatura do ensaio foi de 25°C. Nos corpos-de-prova ensaiados no laboratório de pavimentação da UFCG, não foram efetuadas as medidas de deformação permanente, após o período de recuperação elástica, correspondente aos 15 minutos, após o término da aplicação da carga.



**Tabela 6.7:** Resultado dos ensaios axial dinâmico (CREEP), realizados a 25°C

MIST.	LIGANTE	AMOSTRA	MEDIDAS EFETUADAS NO TOPO		MEDIDAS EFETUADAS NO CENTRO		
			DEFORMAÇÃO PLÁSTICA (1H)	DEFORMAÇÃO ESPEC. (1H)	DEFORMAÇÃO PLÁSTICA (1H)	DEFORMAÇÃO ESPECÍFICA(1H)	DEF. PLÁSTICA APÓS 15 MIN. DO FINAL DA APLICAÇÃO DA CARGA
			mm	mm / mm	mm	mm / mm	mm
01	CAP 50/70	01	0,184	0,0029	0,136	0,0029	0,095
	CAP 50/70	02	0,214	0,0034	0,128	0,0027	0,092
	CAP 50/70	03	0,213	0,0033	0,105	0,0022	0,068
	CAP 50/70	04	0,209	0,0033	0,102	0,0022	0,059
		<b>MÉDIA</b>	<b>0,205</b>	<b>0,0032</b>	<b>0,117</b>	<b>0,0025</b>	<b>0,078</b>
02	CAP 50/70	01	0,219	0,0034	0,091	0,0019	0,058
	CAP 50/70	02	0,214	0,0033	0,082	0,0017	0,053
	CAP 50/70	03	0,231	0,0036	0,106	0,0023	0,071
	CAP 50/70	04	0,322	0,0051	0,063	0,0013	0,030
		<b>MÉDIA</b>	<b>0,246</b>	<b>0,0038</b>	<b>0,085</b>	<b>0,0018</b>	<b>0,053</b>
03	CAP 50/70	01	0,283	0,0044	0,117	0,0025	0,076
	CAP 50/70	02	0,331	0,0052	0,090	0,0019	0,060
	CAP 50/70	03	0,172	0,0027	0,186	0,0041	0,140
	CAP 50/70	04	0,228	0,0036	0,202	0,0044	0,158
		<b>MÉDIA</b>	<b>0,253</b>	<b>0,0039</b>	<b>0,148</b>	<b>0,0032</b>	<b>0,108</b>
04	CAP 50/70	01	0,862	0,0134	0,225	0,0049	0,162
	CAP 50/70	02	0,571	0,0088	0,135	0,0029	0,076
	CAP 50/70	03	0,459	0,0070	0,103	0,0022	0,057
	CAP 50/70	04	0,568	0,0088	0,170	0,0036	0,103
		<b>MÉDIA</b>	<b>0,615</b>	<b>0,0095</b>	<b>0,158</b>	<b>0,0034</b>	<b>0,100</b>
05	CAP 50/70	01	0,707	0,0110	0,312	0,0068	0,228
	CAP 50/70	02	0,535	0,0083	0,180	0,0039	0,139
	CAP 50/70	03	0,575	0,0089	0,134	0,0029	0,100
	CAP 50/70	04	0,925	0,0144	0,197	0,0043	0,140
		<b>MÉDIA</b>	<b>0,685</b>	<b>0,0106</b>	<b>0,206</b>	<b>0,0044</b>	<b>0,152</b>
04-A	CAP 30/45	01	0,337	0,0053	0,140	0,0030	0,108
	CAP 30/45	02	0,382	0,0059	0,237	0,0052	0,208
	CAP 30/45	03	0,367	0,0058	0,170	0,0037	0,139
	CAP 30/45	04	0,441	0,0069	0,150	0,0032	0,124
		<b>MÉDIA</b>	<b>0,382</b>	<b>0,0060</b>	<b>0,174</b>	<b>0,0037</b>	<b>0,144</b>
05-A	CAP 30/45	01	0,570	0,0086	0,204	0,0044	0,156
	CAP 30/45	02	0,278	0,0042	0,193	0,0041	0,160
	CAP 30/45	03	0,472	0,0072	0,138	0,0029	0,101
	CAP 30/45	04	0,342	0,0052	0,227	0,0049	0,166
		<b>MÉDIA</b>	<b>0,415</b>	<b>0,0063</b>	<b>0,190</b>	<b>0,0041</b>	<b>0,146</b>

Analisando os dados da deformação plástica final, após o período de recuperação elástica (15min.), tabela 6.7, com as leituras efetuadas na parte central dos corpos de prova, constata-

se que alguns fatores são preponderantes em relação a outros, para obtenção de uma menor deformação.

A utilização do seixo in-natura proporcionou menor deformação para as mistura 02 com valor de 0,053 mm, seguida pela mistura 01 com valor de 0,078 mm, em relação as outras cinco misturas em que o agregado utilizado foi o seixo britado.

O teor de ligante de projeto, independente do tipo de CAP utilizado, influenciou nos resultados das deformações, apresentando uma tendência de maior teor de ligante, maior deformação plástica, ver a tabela 6.8, cujos parâmetros foram retirados da tabela 6.7.

**Tabela 6.8:** Valores da deformação plástica final em função do teor de ligante das misturas deste estudo

<i>MISTURA</i>	<i>TIPO LIGANTE</i>	<i>TEOR LIGANTE</i>	<i>DEF. PLÁSTICA FINAL</i> <i>mm</i>
02	CAP-50/70	5,2%	0,053
01	CAP-50/70	5,6%	0,078
03	CAP-50/70	5,4%	0,108
04	CAP-50/70	6,8%	0,100
04-A	CAP-30/45	6,9%	0,144
05-A	CAP-30/45	7,8%	0,146
05	CAP-50/70	8,25%	0,152

Da tabela 6.8, tem-se que a mistura 03 apesar de apresentar, um teor de ligante menor que o da mistura 01, apresentou deformação maior em função da utilização do seixo britado.

Nas figuras 6.5 e 6.6 são mostrados os resultados dos ensaios com leitura no topo e leitura no centro dos corpos de prova, respectivamente. As curvas mostram como a deformação plástica específica aumenta com o aumento do número de aplicações do carregamento. Observa-se que o corpo-de-prova deforma muito mais rapidamente durante as primeiras mil aplicações de carregamento dinâmico do que no restante do ensaio. A razão da deformação não recuperável por ciclo de carregamento vai diminuindo e tende a se tornar linear, sendo mais perceptível a partir da milésima aplicação de carga.

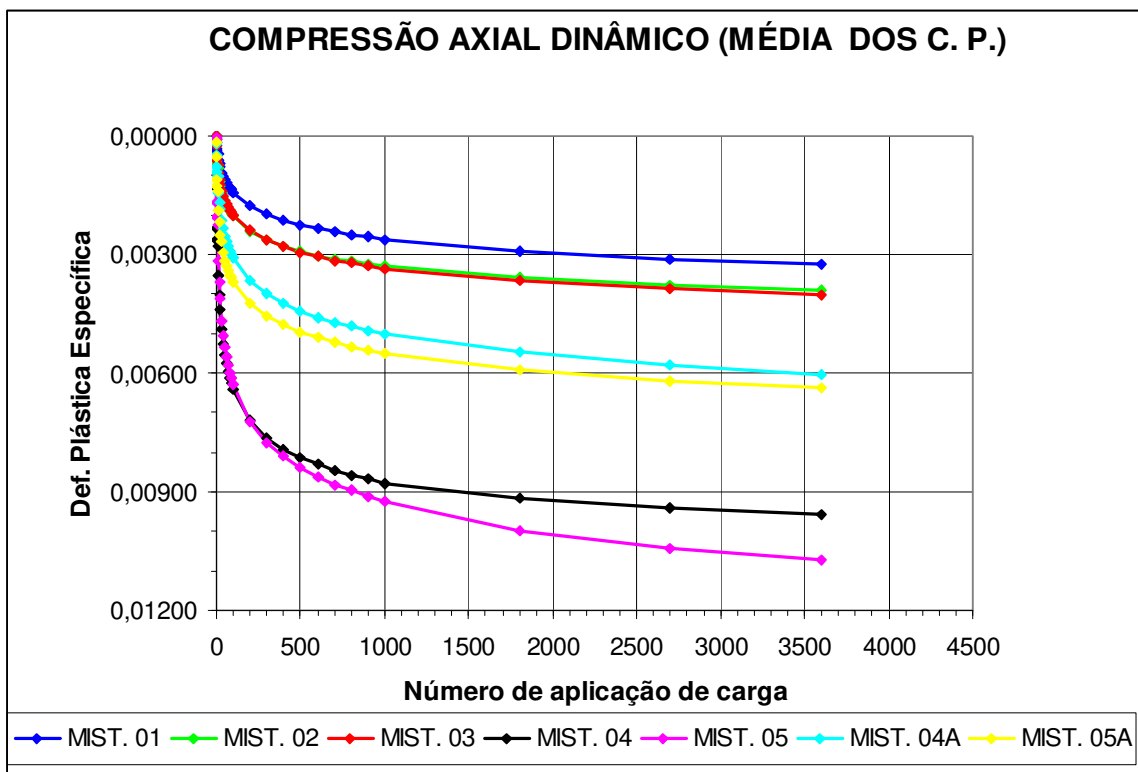


Figura 6.5: Número de aplicações do carregamento x deformação plástica específica, com leitura efetuada no topo do corpo de prova

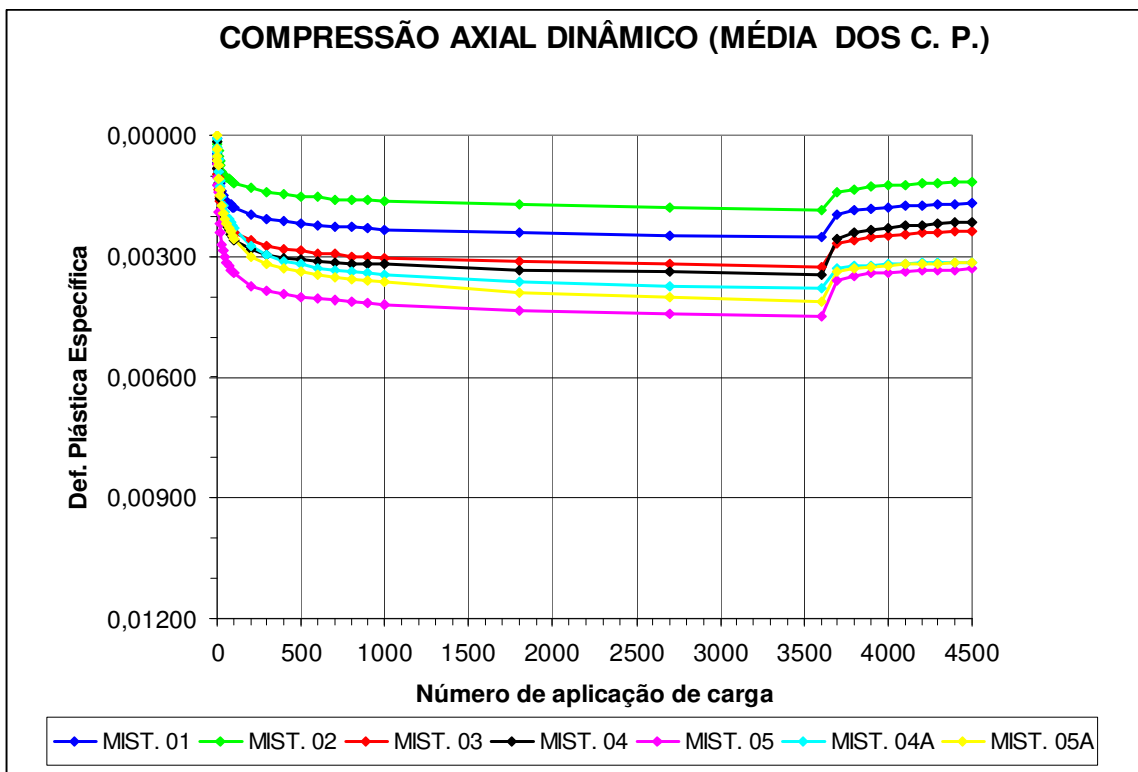


Figura 6.6: Número de aplicações do carregamento x deformação plástica específica, com leitura efetuada no centro do corpo de prova

### 6.3 COMPARAÇÃO COM OUTRAS PESQUISAS

Objetivando comparar os resultados das características mecânicas das misturas asfálticas deste trabalho, com misturas em que o agregado graúdo foi brita selecionou-se, como referência, para as misturas 01, 02 e 03 (densas e contínuas) a mistura apresentada na tabela 6.9, retirada do trabalho de Motta et al (2002), dentre um conjunto de 56 misturas, tipo CBUQ analisadas na COPPE. Para referência das misturas 04, 05, 04-A e 05-A (Descontínuas tipo SMA), optou-se em selecionar uma das seis misturas estudadas no trabalho de Mourão (2003) adotando-se deste como referência a mistura 2-A, por ter sido utilizado como ligante, o CAP-50/60 e como filer o cimento Portland.

**Tabela 6.9:** Misturas de Referências, para comparação com as misturas utilizadas neste trabalho

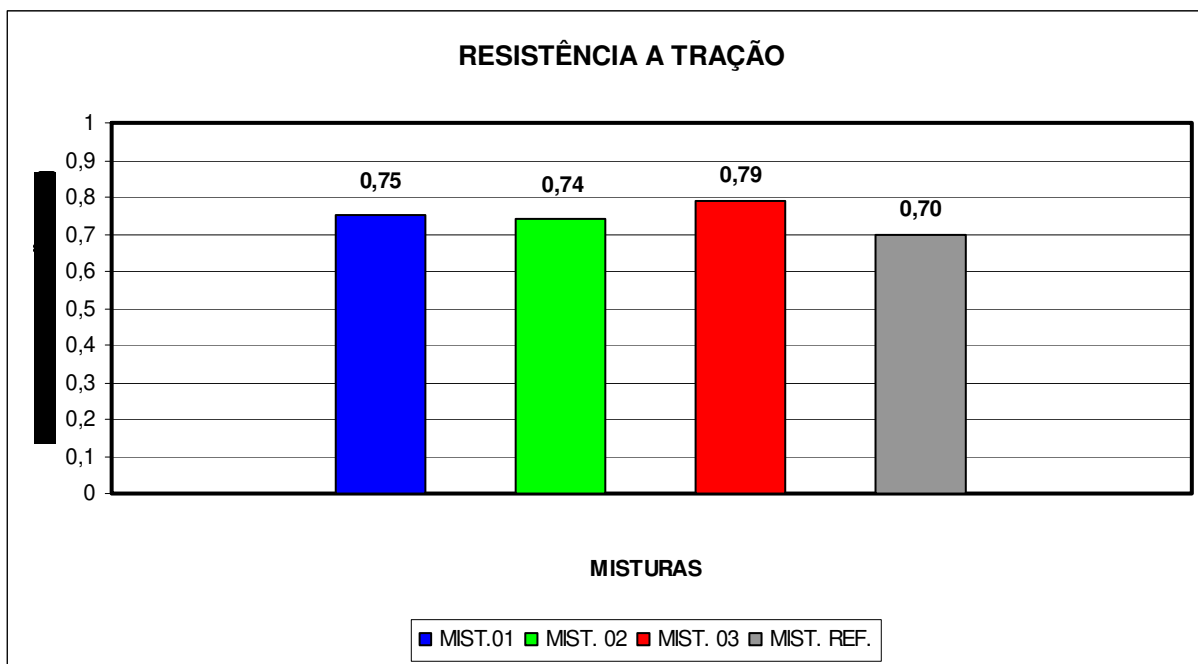
<i>CARACTERÍSTICA</i>	<i>MISTURA DE REFERÊNCIA</i>		
	<i>DENSA E CONTINUA</i>	<i>DESCONTINUA (SMA)</i>	
	<i>MISTURA REF.</i>	<i>MISTURA REF.</i>	
Tipo de Ligante	CAP-50/60	CAP-50/60	
Penetração, 100g, 5s, 25°C (0,1 mm)	54	49	
Faixa Granulométrica	Faixa B - DNER	SMA 0/11S Alemã	
Teor de Ligante ( % )	5,1	6,5	
Densidade Teórica ( DMT ) kg/m <sup>3</sup>	2.500	2.528	
Vazios ( % )	2,8	3,5	
RBV ( % )	81,70	81,90	
Fibras ( % ) - VIATOP 66	-	0,30	
Resistência a Tração a 25°C ( MPa )	0,70	0,64	
Módulo de Resiliência a 25°C ( MPa )	3.400	2.193	
$N=K_2(1/\Delta\sigma)^{N_2}$	K <sub>2</sub>	3.200	5.673
	N <sub>2</sub>	3,68	3,96

#### 6.3.1 Misturas Densas e Contínuas

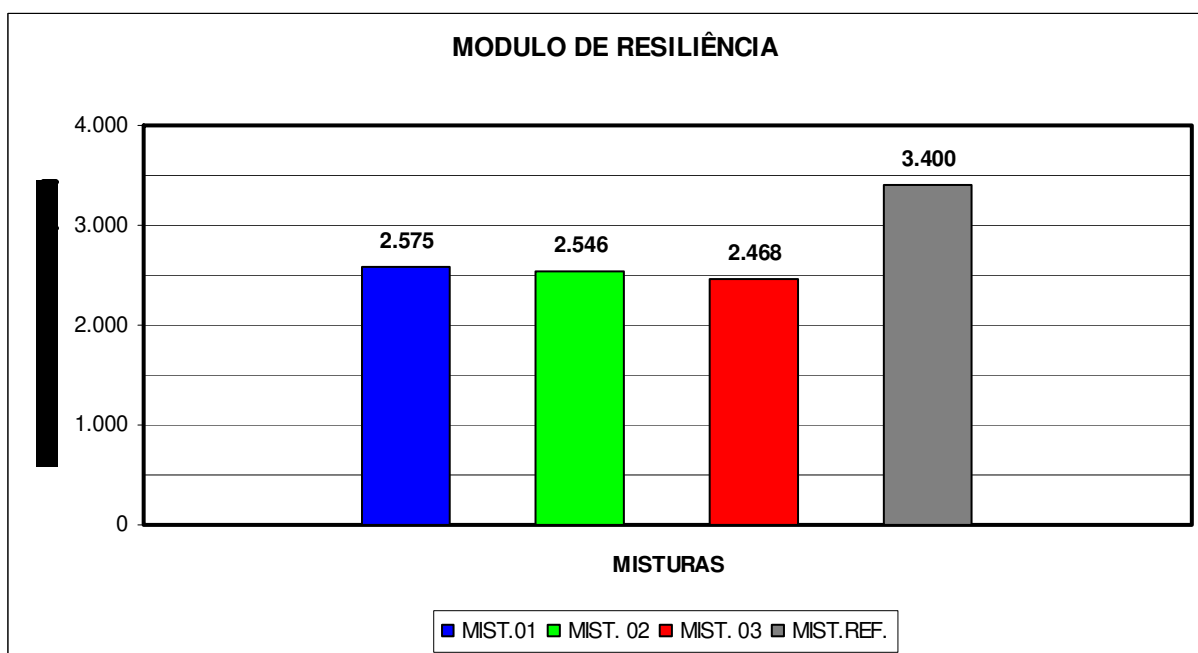
Os valores da resistência a tração das misturas densas e contínuas (01, 02 e 03) são maiores que o da mistura de referência (ver tabela 6.10). Para o módulo de resiliência, a mistura de referência apresentou valor de aproximadamente 36% superior aos das misturas 01, 02 e 03 (ver tabela 6.11), o que acarretou um maior valor da relação MR/RT, para a mistura de

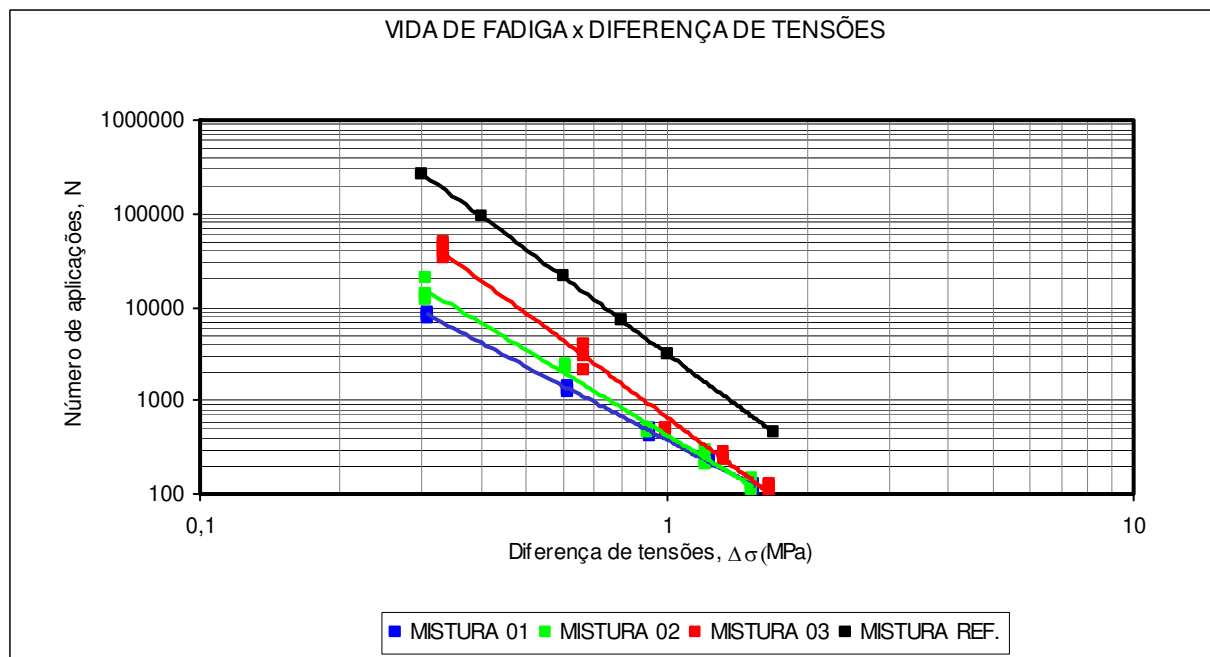
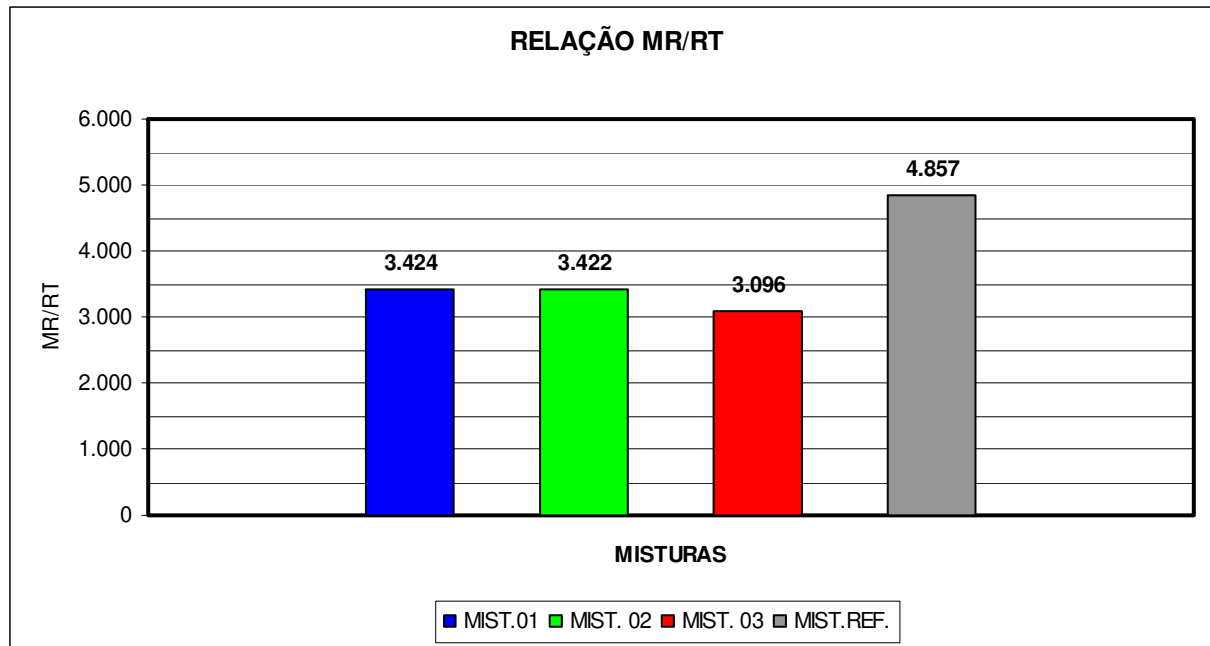
referência, ver tabela 6.12. Em termos de fadiga, a mistura de referência, apresenta um comportamento melhor que as misturas 01, 02 e 03, ver figura 6.7.

**Tabela 6.10:** Comparação dos valores de resistência a tração das misturas 01, 02 e 03 deste estudo com a mistura de referência



**Tabela 6.11:** Comparação dos valores do modulo de resiliência das misturas 01, 02 e 03 deste estudo com a mistura de referência



**Tabela 6.12:** Comparação dos valores da relação MR/RT das misturas 01, 02 e 03 deste estudo com a mistura de referência**Figura 6.7:** Comparação da vida de fadiga das misturas 01, 02 e 03, com a mistura de referência

### 6.3.2 Misturas descontínua tipo SMA

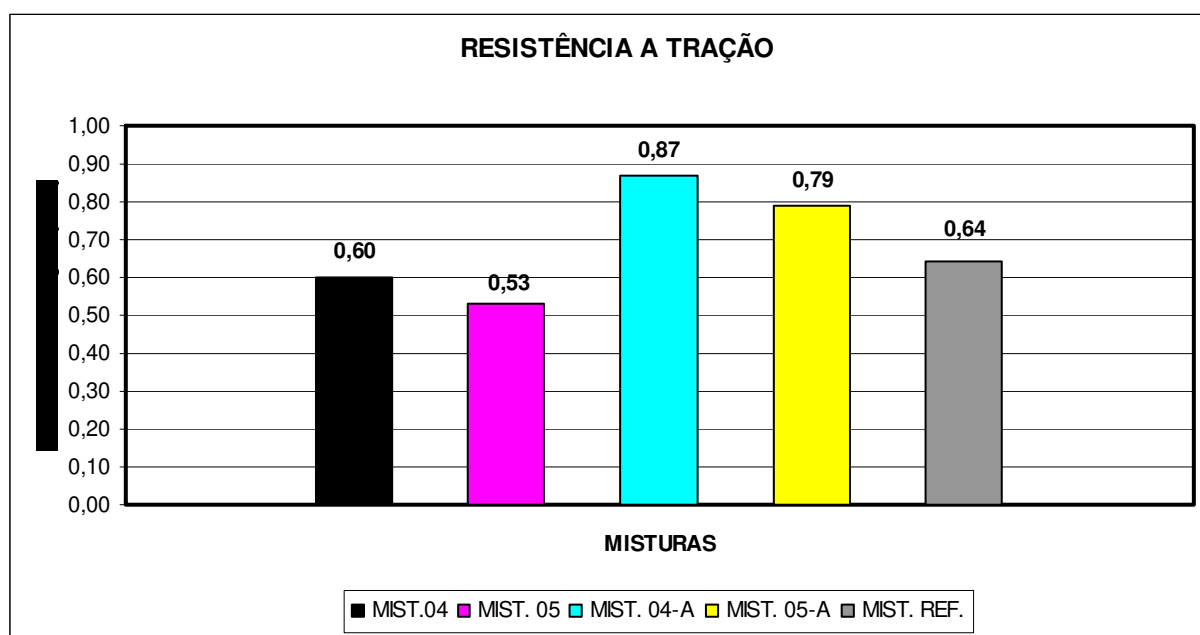
Da tabela 6.13 vê-se que o valor da resistência a tração da mistura de referência (0,64 MPa), apresenta a mesma ordem de grandeza das misturas 04 e 05, e valor inferior aos das misturas

04-A e 05-A, o que caracteriza a influência do tipo de ligante na mistura, ou seja, o CAP-30/45, utilizado nas misturas 04-A e 05-A, proporcionou um aumento da resistência a tração em relação as misturas 04, 05 e referência, que tiveram como ligante o CAP-50/70.

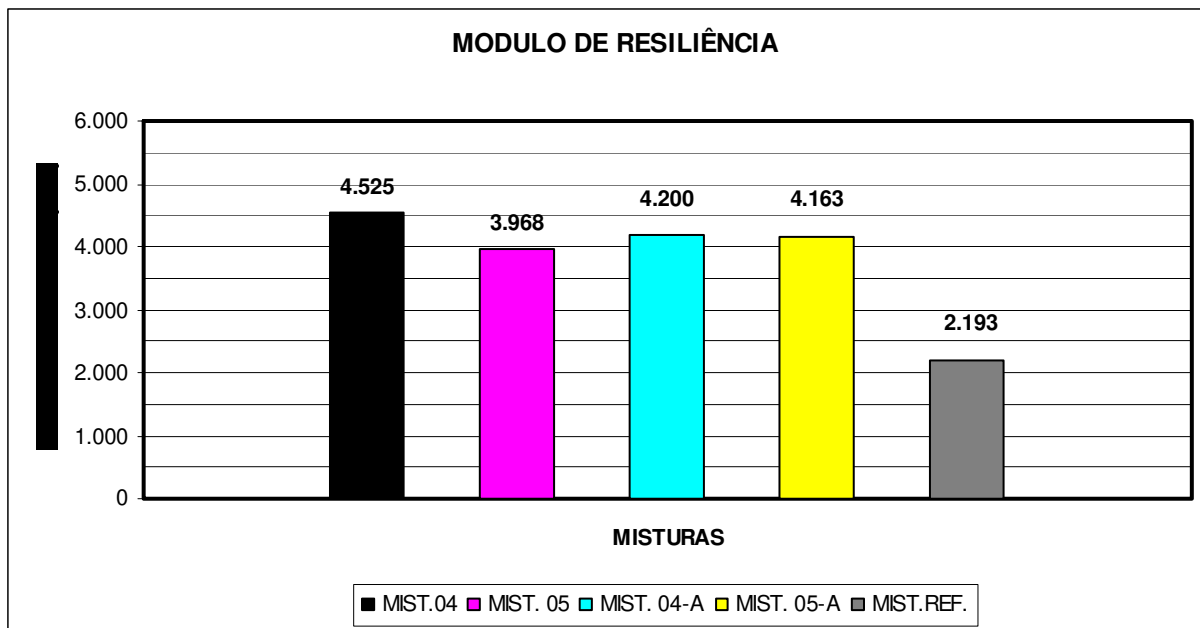
O valor do módulo de resiliência da mistura de referência (tabela 6.14) corresponde a aproximadamente 50% dos valores das outras misturas, o que gerou uma relação MR/RT, tabela 6.15, também inferiores aos das misturas estudadas neste trabalho.

Na figura 6.8 observa-se que a vida de fadiga da mistura de referência é superior aos das misturas 04, 05, 04-A e 05-A, mesmo com MR menor, portanto efeito do tipo de agregado parece determinante.

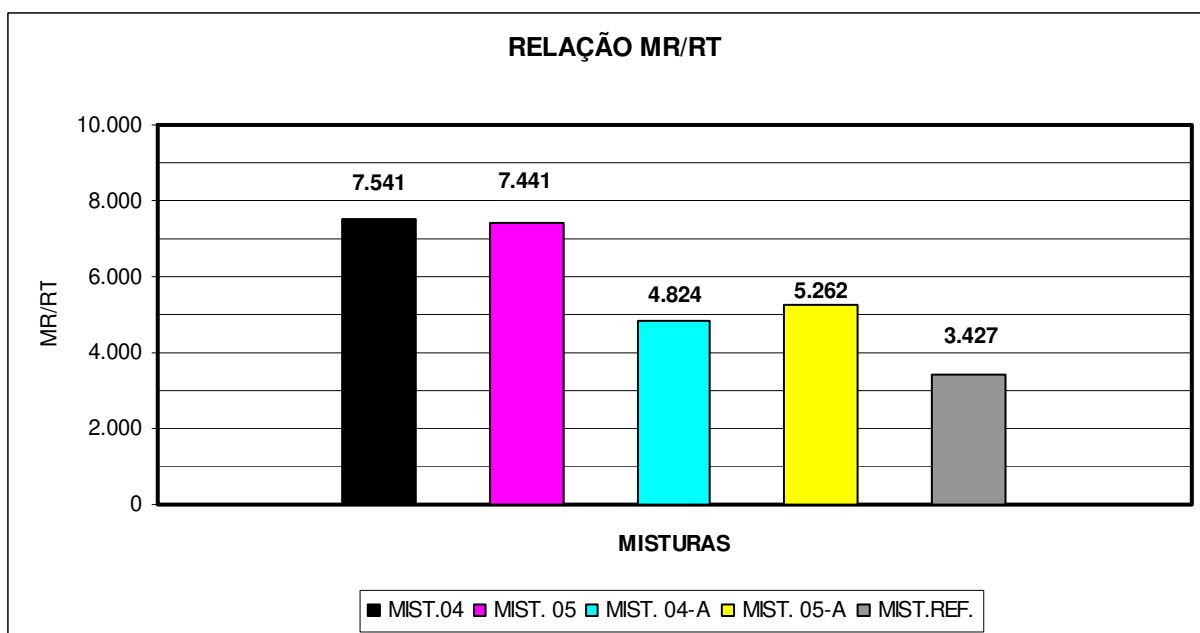
**Tabela 6.13:** Comparação dos valores de resistência a tração das misturas 04, 05, 04-A e 05-A, com a mistura de referência



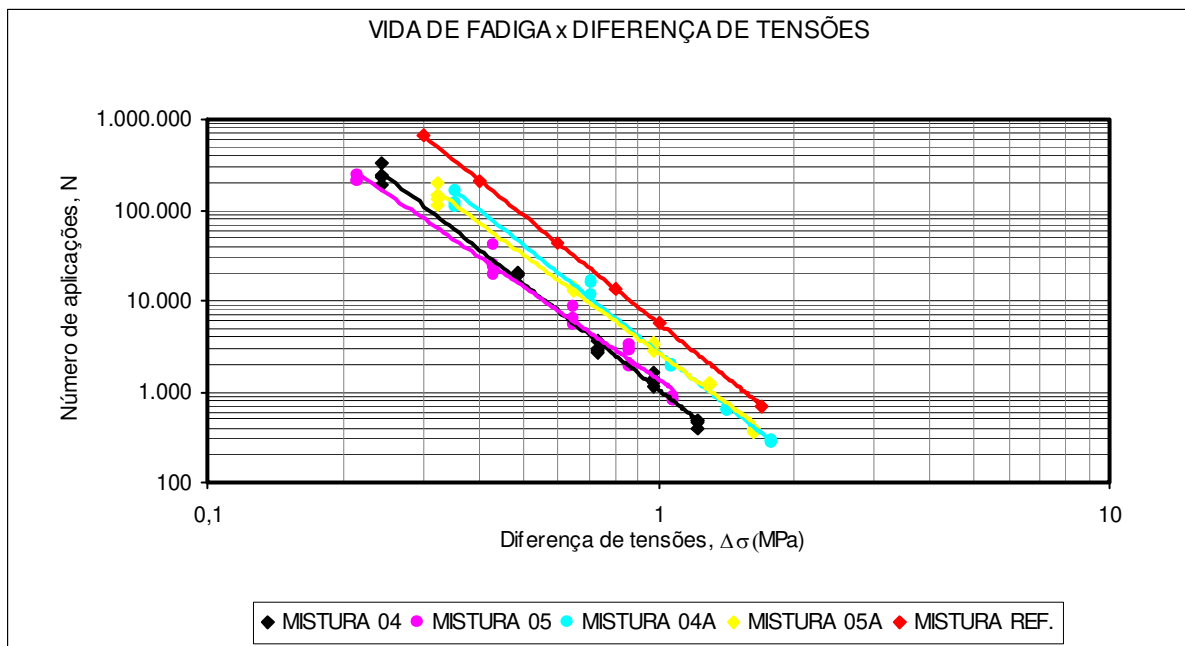
**Tabela 6.14:** Comparação do modulo de resiliência das misturas 04, 05, 04-A e 05-A com a mistura de referência.



**Tabela 6.15:** Comparação da relação MR/RT das misturas 04, 05, 04-A e 05-A com a mistura de referência







**Figura 6.8:** Comparação da vida de fadiga das misturas 04, 05, 04-A e 05-A com a mistura de referência

## CAPÍTULO 7: ESTUDO DE CASO

### 7.1 INTRODUÇÃO

Após a realização dos ensaios que definiram as características mecânicas das misturas e considerando que a mistura 01 apresenta características granulométricas semelhantes ao do CBUQ utilizado na pavimentação da rodovia BR-316/PA, optou-se por calcular as tensões, deformações e deflexões, utilizando a estrutura do pavimento construído nesta rodovia, o que permitirá melhor avaliação de qual das misturas estudadas apresentará um melhor desempenho. O intuito deste estudo não é avaliar o comportamento do CBUQ utilizado na pavimentação da rodovia, haja visto que para aplicação dos modelos que definem o comportamento resiliente dos solos das camadas do pavimento, foram utilizados resultados de ensaios de outra rodovia no caso de Santos (1998). As fotos apresentadas na figura 7.1, são de novembro de 2007, e referem-se a segmentos que foram recentemente recapeados, tendo como agregado o seixo in-natura.



(a) Rodovia BR-316/PA



(b) Rodovia BR-316/PA



(c) Rodovia BR-316/PA



(d) Rodovia BR-316/PA

**Figura 7.1:** Panorâmica da Rodovia BR-316/PA, segmento Belém –Castanhal

### 7.1.1 Estrutura do Pavimento

A composição do pavimento construído está apresentada na tabela 7.1.

**Tabela 7.1:** Estrutura do pavimento da BR-316/PA usado como estudo de caso.

<i>CAMADA</i>	<i>TIPO DE MATERIAL</i>	<i>ESPESSURA</i>
REVESTIMENTO	CBUQ faixa "C"	12,00cm
BASE	Solo Laterítico	20,00cm
SUB-BASE	Solo Laterítico	15,00cm
SUBLEITO	A.2.4	-

### 7.1.2 Tráfego

A tabela 7.2 contém o resumo com os dados do tráfego, obtidos da contagem volumétrica realizada no ano de 1998 no Km 13,2 da rodovia. Os fatores de veículos utilizados para o cálculo do número "N", referem-se aos resultados de pesquisa de pesagem de eixos, efetuada para o DNER em 1987, na BR-316 (no local do entroncamento com a BR-010), pela consultora Maia Melo, em conjunto com o IPR-Instituto de Pesquisa Rodoviária.

**Tabela 7.2:** Cálculo do Número "N", para um período de projeto de 10 anos

<i>ANO</i>	<i>ÔNIBUS</i>	<i>2C</i>	<i>3C</i>	<i>NSi</i>	<i>TOTAL</i>	<i>FV's MÉDIOS</i>	<i>NÚMERO "N"</i>	
							<i>USACE</i>	
							<i>ANUAL</i>	<i>ACUMULADO</i>
01	886	1090	2739	2050	6767	10,04	9,9E+06	9,9E+06
02	913	1123	2821	2112	6969	10,04	1,0E+07	2,0E+07
03	940	1156	2906	2175	7177	10,04	1,1E+07	3,1E+07
04	968	1191	2993	2240	7392	10,04	1,1E+07	4,1E+07
05	997	1227	3083	2307	7614	10,04	1,1E+07	5,3E+07
06	1027	1264	3175	2377	7843	10,04	1,1E+07	6,4E+07
07	1058	1302	3271	2448	8079	10,04	1,2E+07	7,6E+07
08	1090	1341	3369	2521	8321	10,04	1,2E+07	8,8E+07
09	1122	1381	3470	2597	8570	10,04	1,3E+07	1,0E+08
10	1156	1422	3574	2675	8827	10,04	1,3E+07	1,1E+08
FATORES DE VEÍCULOS					PISTA DUPLA		"N" ANUAL=365xTOTALxFvxK	
USACE	3,24	3,24	11,56	14,56	K=0,40			

### 7.1.3 Programa Fepave

Para o cálculo das tensões e deslocamentos usou-se o FEPAVE “Finite Element Analysis of Pavement Structures”, que utiliza o método dos elementos finitos. O perfil proposto é dividido em malhas quadrangulares e a carga de uma roda é aplicada na superfície, considerada distribuída uniformemente em uma área circular. O programa admite até 12 camadas estratificadas. Os dados de entrada FEPAVE são:

- Definição do número de linhas e colunas para geração da malha. (o usuário pode definir ou o programa faz a malha automaticamente).
- Raio da carga da roda simples para a configuração do eixo padrão rodoviário  $R=10,8\text{cm}$ .
- Tensão explicada na superfície do revestimento para a carga de roda simples  $\sigma = 5,6\text{ kg/cm}^2$ .
- Número de camadas.
- Espessuras de camadas.
- Densidade dos materiais das camadas.
- Coeficientes de Poisson dos materiais das camadas.
- Definição dos modelos de comportamento resiliente dos materiais (apresentados na tabela 7.3).

**Tabela 7.3:** Modelos de comportamento dos materiais considerados no programa Fepave

<i>CLASSE</i>	<i>MODELO</i>	<i>MATERIAL</i>
0	$M_R = K_1 \sigma_3^{K_2}$	<i>Betuminoso</i>
1	$M_R = K_1 \sigma_3^{K_2}$	<i>Granular</i>
2	$M_R = K_2 + K_3 (K_1 - \sigma_d)$ , para $\sigma_d < K_1$ $M_R = K_2 + K_4 (\sigma_d - K_1)$ , para $\sigma_d > K_1$	<i>Coesivo</i>
3	$M_R = \text{constante}$	<i>Elástico Linear</i>
4	$M_R = K_2 + K_3 (K_1 - \sigma_d) \sigma_3^{K_5}$ , para $\sigma_d < K_1$ $M_R = K_2 + K_4 (\sigma_d - K_1) \sigma_3^{K_5}$ , para $\sigma_d > K_1$	<i>Combinado</i>
5	$M_R = K_1 \theta^{k_2}$	<i>Granular dependente da soma das tensões principais</i>
6	$M_R = K_1 \sigma_d^{k_2}$	<i>Argiloso dependente da tensão desvio</i>
7	$M_R = K_1 \sigma_3^{k_2} \sigma_d^{k_3}$	<i>Modelo composto</i>

### 7.1.4 Modelos de comportamento $\sigma$ x $\varepsilon$ dos materiais da estrutura do pavimento considerado

#### 7.1.4.1 Revestimento Asfáltico

Para o revestimento asfáltico foram utilizados os módulos resilientes, determinados neste estudo e mostrados no capítulo 6.0. Para facilitar, os resultados dos ensaios de compressão diametral de CBUQ são mostrados resumidamente na tabela 7.4. Os ensaios de resistência à fadiga resultaram nos modelos rerepresentados na tabela 7.5. A tabela 7.6 contém os resultados médios da resistência a tração das misturas.

**Tabela 7.4:** Módulos de resiliência das misturas deste estudo e usados no estudo de caso

PARÂMETRO	CBUQ						
	DENSAS E CONTÍNUAS			DESCONTÍNUAS (SMA)			
	MISTURA 01	MISTURA 02	MISTURA 03	MISTURA 04	MISTURA 04-A	MISTURA 05	MISTURA 05-A
Módulo Resiliência Kg/cm <sup>2</sup>	26.265	25.974	25.176	46.157	42.840	40.481	42.460

**Tabela 7.5:** Equações de vida de fadiga das misturas deste estudo

MISTURAS	EQUAÇÃO			
	Tipo	Ligante	Vida Fadiga x $\Delta\sigma$ (MPa)	Vida Fadiga x Deformação ( $\varepsilon$ )
01	Densa e Contínua	CAP 50/70	$Y = 381,23.(\Delta\sigma)^{-2,6079}$	$Y = 1E - 08.(\varepsilon)^{-2,6079}$
02	Densa e Contínua	CAP 50/70	$Y = 432,14.(\Delta\sigma)^{-3,0018}$	$Y = 4E - 10.(\varepsilon)^{-3,0018}$
03	Densa e Contínua	CAP 50/70	$Y = 667,85.(\Delta\sigma)^{-3,6815}$	$Y = 1E - 12.(\varepsilon)^{-3,6815}$
04	Descontínua (SMA)	CAP 50/70	$Y = 1.056,1.(\Delta\sigma)^{-3,8874}$	$Y = 3E - 14.(\varepsilon)^{-3,8874}$
04A	Descontínua (SMA)	CAP 30/45	$Y = 2.742,6.(\Delta\sigma)^{-3,9226}$	$Y = 7E - 14.(\varepsilon)^{-3,9226}$
05	Descontínua (SMA)	CAP 50/70	$Y = 1.352,3.(\Delta\sigma)^{-3,4103}$	$Y = 6E - 12.(\varepsilon)^{-3,4103}$
05A	Descontínua (SMA)	CAP 30/45	$Y = 2.645,9.(\Delta\sigma)^{-3,6187}$	$Y = 1E - 12.(\varepsilon)^{-3,6187}$

**Tabela 7.6:** Resultados de Ensaio de resistência a tração

<i>MISTURA</i>	<i>TIPO</i>	<i>LIGANTE</i>	<i>RESISTÊNCIA A TRAÇÃO (Kg/cm<sup>2</sup>)</i>
01	Densa e Contínua	CAP 50/70	7,67
02	Densa e Contínua	CAP 50/70	7,59
03	Densa e Contínua	CAP 50/70	8,13
04	Descontínua (SMA)	CAP 50/70	6,12
04A	Descontínua (SMA)	CAP 30/45	8,88
05	Descontínua (SMA)	CAP 50/70	5,44
05A	Descontínua (SMA)	CAP 30/45	8,07

#### 7.1.4.2 Camadas Granulares

Os modelos de comportamento resiliente dos solos são determinados através de ensaio triaxial dinâmico. Para este estudo adotou-se os ensaios realizados por Santos (1998). Das 8 (oito) estações estudadas, tomou-se como referência a estação (E-800), para base e sub-base e (E-100), para o subleito, localizada na rodovia BR-163/PA, trecho Cuiabá - Santarém. Pois os materiais destas estações apresentam características semelhantes aos utilizados na rodovia BR-316/PA.

Das fichas dos ensaios triaxiais, realizados com material proveniente das estações E-800 e E-100, foram retirados os parâmetros dos modelos definidores do comportamento dos materiais, para as camadas do pavimento. A tabela 7.7 mostra os módulos resilientes obtidos.

**Tabela 7.7:** Modelos  $\sigma$  x  $\epsilon$  dos materiais das camadas das estações E-800 e E-100 usados como da estrutura de referências.

<i>CAMADA</i>	$M_R = K_1 \sigma_3^{k_2} (MPa)$			$M_R = K_1 \sigma_d^{k_2} (MPa)$		
	$K_1$	$K_2$	$R^2$	$K_1$	$K_2$	$R^2$
<i>BASE</i>	970,99	0,1543	0,439	699,21	0,0478	0,056
<i>SUB-BASE</i>	876,72	0,1539	0,458	625,24	0,0428	0,047
<i>SUBLEITO</i>	639,66	0,2845	0,581	381,55	0,1312	0,1875

Para a avaliação estrutural, foi utilizado o modelo composto proposto por Macêdo (1996), por ser, do ponto de vista estatístico, bem mais representativo do que os modelos tradicionais.

Na tabela 7.8 estão apresentados os resultados dos ensaios de módulos resilientes baseados no modelo composto.

**Tabela 7.8:** Modelos  $\sigma \times \varepsilon$  dos materiais das camadas das estações E-800 e E-100 (modelo composto)

CAMADA	$M_R = K_1 \sigma_3^{k_2} \sigma_d^{k_3}$ (kg/cm <sup>2</sup> )			
	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$R^2$
BASE	7.532	0,2799	-0,1452	0,9868
SUB-BASE	6.843	0,2915	-0,1535	0,9900
SUB-LEITO	3.728	0,4523	-0,1700	0,9595

A tabela 7.9 resume a comparação dos coeficientes de determinação segundo os modelos utilizados.

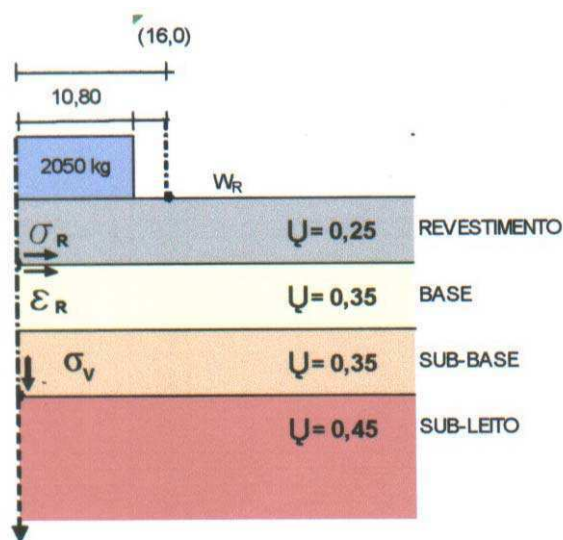
**Tabela 7.9:** Comparação de coeficiente de determinação

MODELO	EQUAÇÃO	CAMADAS		
		BASE	SUB-BASE	SUBLEITO
1	$M_R = k_1 \sigma_3^{k_2}$	0,439	0,458	0,581
6	$M_R = k_1 \sigma_d^{k_2}$	0,056	0,047	0,1875
7	$M_R = k_1 \sigma_3^{k_2} \sigma_d^{k_3}$	0,9868	0,9900	0,9595

### 7.1.5 Determinação dos Resultados

Através do FEPAVE, obteve-se os valores da tensão de tração, diferença de tensão e deformação específica na fibra inferior do CBUQ, tensão normal no topo do subleito e deflexão na superfície do pavimento (a deflexão foi multiplicada por 2 para simular o efeito da roda dupla). Para cada mistura variou-se a espessura do revestimento asfáltico, mantendo-se constante as espessuras da base e sub-base. Nas tabelas 7.10 a 7.16 estão listados os resultados das estruturas nas quais foram utilizadas cada mistura deste estudo.

Tabela 7.10: Resultados do FEPAVE para a mistura 01



PAVIMENTO				ESFORÇOS				
Sub-leito	Sub-base	Base	Revestimento	Deflexão	Tensão	Deformação	Diferença de	Tensão
H	H	H	H	X 10 E-2	tração	específica	tensões	Vertical
cm	cm	cm	cm	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	cm/cm	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
432	15	20	2,5	42,0	4,601	2,874E-04	12,125	0,229
432	15	20	4,0	40,0	2,968	2,263E-04	8,023	0,182
432	15	20	5,0	39,0	3,215	2,316E-04	6,859	0,163
432	15	20	6,0	38,1	5,711	3,141E-04	7,968	0,147
432	15	20	7,5	36,6	4,003	2,221E-04	6,169	0,131
432	15	20	8,0	36,0	4,653	2,391E-04	6,557	0,126
432	15	20	10,0	33,8	3,223	1,717E-04	5,075	0,112
432	15	20	12,0	32,0	2,706	1,411E-04	4,355	0,099
432	15	20	12,5	31,2	2,636	1,383E-04	4,217	0,095
432	15	20	14,0	29,4	2,324	1,208E-04	3,788	0,087
432	15	20	15,0	28,4	2,254	1,158E-04	3,629	0,082
432	15	20	18,0	25,6	1,921	9,420E-05	3,066	0,070
432	15	20	20,0	23,8	1,727	8,280E-05	2,734	0,064



Tabela 7.11: Resultados do FEPAVE para a mistura 02

PAVIMENTO				ESFORÇOS				
Sub-leito H	Sub-base H	Base H	Revestimento H	Deflexão X 10 E-2	Tensão tração	Deformação específica	Diferença de tensões	Tensão Vertical
cm	cm	cm	cm	mm	Kg/cm2	cm/cm	Kg/cm2	Kg/cm2
432	15	20	2,5	47,4	-11,101	2,532E-04	11,440	0,278
432	15	20	4,0	40,0	3,552	2,339E-04	8,791	0,183
432	15	20	5,0	39,0	2,506	2,168E-04	6,377	0,164
432	15	20	6,0	38,0	5,168	2,531E-04	7,692	0,147
432	15	20	7,5	36,6	3,086	2,038E-04	5,492	0,132
432	15	20	8,0	36,1	3,154	1,872E-04	5,534	0,128
432	15	20	10,0	34,0	3,084	1,637E-04	5,058	0,112
432	15	20	12,0	31,7	2,476	1,350E-04	4,189	0,098
432	15	20	12,5	30,2	2,533	1,341E-04	4,167	0,096
432	15	20	14,0	29,6	2,301	1,208E-04	3,778	0,086
432	15	20	15,0	28,4	2,185	1,131E-04	3,588	0,083
432	15	20	18,0	25,7	1,889	9,440E-05	3,045	0,071

Tabela 7.12: Resultados do FEPAVE para a mistura 03

PAVIMENTO				ESFORÇOS				
Sub-leito H	Sub-base H	Base H	Revestimento H	Deflexão X 10 E-2	Tensão tração	Deformação específica	Diferença de tensões	Tensão Vertical
cm	cm	cm	cm	mm	Kg/cm2	cm/cm	Kg/cm2	Kg/cm2
432	15	20	2,5	41,8	-1,839	-1,281E-04	5,260	0,231
432	15	20	4,0	40,0	0,857	1,704E-04	5,683	0,185
432	15	20	5,0	39,2	3,812	2,522E-04	7,522	0,163
432	15	20	6,0	38,2	4,162	2,501E-04	7,052	0,149
432	15	20	7,5	36,6	3,571	2,152E-04	5,893	0,133
432	15	20	8,0	36,2	3,491	2,075E-04	5,786	0,129
432	15	20	10,0	34,1	3,142	1,786E-04	5,052	0,113
432	15	20	12,0	31,9	2,575	1,439E-04	4,258	0,099
432	15	20	12,5	31,3	2,413	1,327E-04	4,064	0,096
432	15	20	14,0	29,8	2,327	1,270E-04	3,789	0,088
432	15	20	15,0	28,7	2,128	1,143E-04	3,541	0,083

Tabela 7.13: Resultados do FEPAVE para a mistura 04

PAVIMENTO				ESFORÇOS				
Sub-leito H	Sub-base H	Base H	Revestimento H	Deflexão X 10 E-2	Tensão tração	Deformação específica	Diferença de tensões	Tensão Vertical
cm	cm	cm	cm	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	cm/cm	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
432	15	20	2,5	41,1	19,87	4,912E-04	20,390	0,200
432	15	20	4,0	38,9	10,76	3,328E-04	13,230	0,162
432	15	20	5,0	37,8	7,07	2,387E-04	9,260	0,144
432	15	20	6,0	36,6	5,66	1,855E-04	8,040	0,131
432	15	20	7,5	34,8	5,47	1,614E-04	7,300	0,117
432	15	20	8,0	34,1	5,32	1,557E-04	7,100	0,112
432	15	20	10,0	31,5	4,05	1,174E-04	5,730	0,098
432	15	20	12,0	28,9	3,67	1,026E-04	5,110	0,087
432	15	20	12,5	28,3	3,66	1,037E-04	5,040	0,083
432	15	20	15,0	25,3	3,19	8,622E-05	4,380	0,071

Tabela 7.14: Resultados do FEPAVE para a mistura 05

PAVIMENTO				ESFORÇOS				
Sub-leito H	Sub-base H	Base H	Revestimento H	Deflexão X 10 E-2	Tensão tração	Deformação específica	Diferença de tensões	Tensão Vertical
cm	cm	cm	cm	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	cm/cm	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
432	15	20	2,5	43,0	26,48	7,465E-04	34,627	0,220
432	15	20	4,0	39,2	1,563	1,446E-04	6,186	0,167
432	15	20	5,0	38,1	8,219	2,791E-04	10,548	0,147
432	15	20	6,0	36,9	5,256	1,795E-04	7,685	0,136
432	15	20	7,5	35,2	5,612	1,822E-04	7,410	0,120
432	15	20	10,0	32,0	4,051	1,312E-04	5,711	0,101
432	15	20	12,0	29,6	3,552	1,147E-04	4,980	0,088
432	15	20	12,5	29,0	3,507	1,124E-04	4,895	0,085
432	15	20	15,0	26,0	2,877	9,110E-05	4,130	0,074

Tabela 7.15: Resultados do FEPAVE para a mistura 04-A

PAVIMENTO				ESFORÇOS				
Sub-leito H	Sub-base H	Base H	Revestimento H	Deflexão X 10 E-2	Tensão tração	Deformação específica	Diferença de tensões	Tensão Vertical
cm	cm	cm	cm	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	cm/cm	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
432	15	20	2,5	40,8	12,20	3,007E-04	18,428	0,205
432	15	20	4,0	39,1	10,84	2,650E-04	14,946	0,163
432	15	20	5,0	38,0	7,42	2,398E-04	10,101	0,147
432	15	20	6,0	36,8	5,28	1,843E-04	7,940	0,133
432	15	20	7,5	35,0	5,79	1,710E-04	7,704	0,120
432	15	20	8,0	34,4	5,11	1,648E-04	6,844	0,114
432	15	20	10,0	31,8	4,23	1,323E-04	5,869	0,099
432	15	20	12,0	29,3	3,56	1,096E-04	5,010	0,088
432	15	20	12,5	28,7	3,51	1,058E-04	4,905	0,084
432	15	20	15,0	25,8	3,00	8,810E-05	4,240	0,072

Tabela 7.16: Resultados do FEPAVE para a mistura 05-A

PAVIMENTO				ESFORÇOS				
Sub-leito H	Sub-base H	Base H	Revestimento H	Deflexão X 10 E-2	Tensão tração	Deformação específica	Diferença de tensões	Tensão Vertical
cm	cm	cm	cm	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	cm/cm	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
432	15	20	2,5	41,1	4,50	1,785E-04	10,226	0,208
432	15	20	4,0	39,1	6,94	2,701E-04	9,955	0,164
432	15	20	5,0	37,9	5,79	1,774E-04	9,357	0,147
432	15	20	6,0	36,8	7,65	2,341E-04	9,554	0,134
432	15	20	7,5	35,0	4,33	1,412E-04	6,569	0,119
432	15	20	10,0	31,8	4,32	1,388E-04	5,908	0,100
432	15	20	12,0	29,3	3,76	1,154E-04	5,159	0,087
432	15	20	12,5	28,7	3,44	1,051E-04	4,878	0,084
432	15	20	15,0	25,8	2,90	8,740E-05	4,154	0,072

- **Deflexão Admissível**

Os valores admissíveis para análise foram obtidos das seguintes referências (DNER - PRO - 069/94):

$$\log_{D_{adm}} = 3,148 - 0,188 \log N \quad (7.1)$$

Para  $N=1,1E + 08$  (10º Ano), tem-se,

$$D_{adm} = 43 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

- **Tensão vertical de compressão no topo do subleito (HEUKELOM e KLOMP, 1962)**

$$\sigma_{v_{SL}} = (0,006M_{SL}) \div (1 + 0,7 \cdot \log N) \quad (7.2)$$

A tabela 7.17 contém os resultados da tensão vertical limite. Observa-se que para as sete misturas, e mesmo com variação das espessuras utilizadas no revestimento asfáltico, os módulos do subleito foram constantes e elevado o que se traduz em tensão vertical limite alta.

**Tabela 7.17:** Resumo dos resultados da tensão vertical limite

<i>MISTURA</i>	<i>TIPO</i>	<i>LIGANTE</i>	<i>MÓDULO SUBLEITO kg/cm<sup>2</sup></i>	<i>TENSÃO VERTICAL LIMITE kg/cm<sup>2</sup></i>
1	Densa e Contínua	CAP 50/70	617	0,558
2	Densa e Contínua	CAP 50/70	617	0,558
3	Densa e Contínua	CAP 50/70	617	0,558
4	Descontínua (SMA)	CAP 50/70	617	0,558
4A	Descontínua (SMA)	CAP 30/45	617	0,558
5	Descontínua (SMA)	CAP 50/70	617	0,558
5A	Descontínua (SMA)	CAP 30/45	617	0,558

- **Deformação Específica de Tração**

Os valores limites das deformações estão apresentados nas tabelas 7.18 a 7.24.

**Tabela 7.18:** Cálculo da deformação limite para mistura 01

MISTURA	DADOS ENTRADA		EQUAÇÃO	FATOR C.L	VALOR DA DEFORMAÇÃO	OBS
	MÓDULO	"N"				
01	26.265 kg/cm <sup>2</sup>	1,1x10 <sup>8</sup> USACE	$N_L = 9,07x10^{-9} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon}\right)^{2,65} \cdot \left(\frac{1}{M_R}\right)^{-0,033}$	10 <sup>4</sup>	0,3126 x 10 <sup>-4</sup>	Salomão Pinto
01	26.265 kg/cm <sup>2</sup>	1,1x10 <sup>8</sup> USACE	$N_L = 1,21x10^{-8} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon}\right)^{2,66}$	10 <sup>5</sup>	0,7589 x 10 <sup>-4</sup>	Salomão Pinto
01	239.415 Psi	2,9x10 <sup>7</sup> AASHTO	$N_F = 0,0685 \cdot \varepsilon^{-5,671} \cdot E^{-2,363}$	-	1,727 x 10 <sup>-4</sup>	• Shell – 1982 Módulo Dinâmico (Correção por Tonial) Mr=1,56E
01	239.415 Psi	2,9x10 <sup>7</sup> AASHTO	$N_F = 0,0796 \cdot \varepsilon^{-3,291} \cdot E^{-0,854}$	-	1,006 x 10 <sup>-4</sup>	• MS-1 Módulo Dinâmico Mr=1,56E

**Tabela 7.19:** Cálculo da deformação limite para mistura 02

MISTURA	DADOS ENTRADA		EQUAÇÃO	FATOR C.L	VALOR DA DEFORMAÇÃO	OBS
	MÓDULO	"N"				
02	25.974 kg/cm <sup>2</sup>	1,1x10 <sup>8</sup> USACE	$N_L = 9,07x10^{-9} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon}\right)^{2,65} \cdot \left(\frac{1}{M_R}\right)^{-0,033}$	10 <sup>4</sup>	0,3126 x 10 <sup>-4</sup>	Salomão Pinto
02	25.974 kg/cm <sup>2</sup>	1,1x10 <sup>8</sup> USACE	$N_L = 1,21x10^{-8} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon}\right)^{2,66}$	10 <sup>5</sup>	0,7589 x 10 <sup>-4</sup>	Salomão Pinto
02	236.763 Psi	2,9x10 <sup>7</sup> AASHTO	$N_F = 0,0685 \cdot \varepsilon^{-5,671} \cdot E^{-2,363}$	-	1,735 x 10 <sup>-4</sup>	• Shell – 1988 Módulo Dinâmico Mr=1,56E
02	236.763 Psi	2,9x10 <sup>7</sup> AASHTO	$N_F = 0,0796 \cdot \varepsilon^{-3,291} \cdot E^{-0,854}$	-	1,009 x 10 <sup>-4</sup>	• MS-1 Módulo Dinâmico Mr=1,56E

**Tabela 7.20:** Cálculo da deformação limite para mistura 03

MISTURA	DADOS ENTRADA		EQUAÇÃO	FATOR C.L	VALOR DA DEFORMAÇÃO	OBS
	MÓDULO	"N"				
03	25.176 kg/cm <sup>2</sup>	1,1x10 <sup>8</sup> USACE	$N_L = 9,07x10^{-9} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon}\right)^{2,65} \cdot \left(\frac{1}{M_R}\right)^{-0,033}$	10 <sup>4</sup>	0,3125 x 10 <sup>-4</sup>	Salomão Pinto
03	25.176 kg/cm <sup>2</sup>	1,1x10 <sup>8</sup> USACE	$N_L = 1,21x10^{-8} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon}\right)^{2,66}$	10 <sup>5</sup>	0,7589 x 10 <sup>-4</sup>	Salomão Pinto
03	229.488 Psi	2,9x10 <sup>7</sup> AASHTO	$N_F = 0,0685 \cdot \varepsilon^{-5,671} \cdot E^{-2,363}$	-	1,758 x 10 <sup>-4</sup>	• Shell – 1988 Módulo Dinâmico Mr=1,56E
03	229.488 Psi	2,9x10 <sup>7</sup> AASHTO	$N_F = 0,0796 \cdot \varepsilon^{-3,291} \cdot E^{-0,854}$	-	1,017 x 10 <sup>-4</sup>	• MS-1 Módulo Dinâmico Mr=1,56E

**Tabela 7.21:** Cálculo da deformação limite para mistura 04

MISTURA	DADOS ENTRADA		EQUAÇÃO	FATOR C.L	VALOR DA DEFORMAÇÃO	OBS
	MÓDULO	"N"				
04	46.157 kg/cm <sup>2</sup>	1,1x10 <sup>8</sup> USACE	$N_L = 9,07x10^{-9} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon}\right)^{2,65} \cdot \left(\frac{1}{M_R}\right)^{-0,033}$	10 <sup>4</sup>	0,3148 x 10 <sup>-4</sup>	Salomão Pinto
04	46.157 kg/cm <sup>2</sup>	1,1x10 <sup>8</sup> USACE	$N_L = 1,21x10^{-8} x \left(\frac{1}{\varepsilon}\right)^{2,66}$	10 <sup>5</sup>	0,7589 x 10 <sup>-4</sup>	Salomão Pinto
04	420.738 Psi	2,9x10 <sup>7</sup> AASHTO	$N_F = 0,0685 \cdot \varepsilon^{-5,671} \cdot E^{-2,363}$	-	1,365 x 10 <sup>-4</sup>	• Shell – 1988 Módulo Dinâmico Mr=1,56E
04	420.738 Psi	2,9x10 <sup>7</sup> AASHTO	$N_F = 0,0796 \cdot \varepsilon^{-3,291} \cdot E^{-0,854}$	-	0,8691 x 10 <sup>-4</sup>	• MS-1 Módulo Dinâmico Mr=1,56E

**Tabela 7.22:** Cálculo da deformação limite para mistura 05

MISTURA	DADOS ENTRADA		EQUAÇÃO	FATOR C.L	VALOR DA DEFORMAÇÃO	OBS
	MÓDULO	"N"				
05	40.481 kg/cm <sup>2</sup>	1,1x10 <sup>8</sup> USACE	$N_L = 9,07x10^{-9} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon}\right)^{2,65} \cdot \left(\frac{1}{M_R}\right)^{-0,033}$	10 <sup>4</sup>	0,3143 x 10 <sup>-4</sup>	Salomão Pinto
05	40.481 kg/cm <sup>2</sup>	1,1x10 <sup>8</sup> USACE	$N_L = 1,21x10^{-8} x \left(\frac{1}{\varepsilon}\right)^{2,66}$	10 <sup>5</sup>	0,7589 x 10 <sup>-4</sup>	Salomão Pinto
05	368.999 Psi	2,9x10 <sup>7</sup> AASHTO	$N_F = 0,0685 \cdot \varepsilon^{-5,671} \cdot E^{-2,363}$	-	1,442 x 10 <sup>-4</sup>	• Shell – 1988 Módulo Dinâmico Mr=1,56E
05	368.999 Psi	2,9x10 <sup>7</sup> AASHTO	$N_F = 0,0796 \cdot \varepsilon^{-3,291} \cdot E^{-0,854}$	-	0,8992 x 10 <sup>-4</sup>	• MS-1 Módulo Dinâmico Mr=1,56E

**Tabela 7.23:** Cálculo da deformação limite para mistura 04-A

MISTURA	DADOS ENTRADA		EQUAÇÃO	FATOR C.L	VALOR DA DEFORMAÇÃO	OBS
	MÓDULO	"N"				
04-A	42.840 kg/cm <sup>2</sup>	1,1x10 <sup>8</sup> USACE	$N_L = 9,07x10^{-9} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon}\right)^{2,65} \cdot \left(\frac{1}{M_R}\right)^{-0,033}$	10 <sup>4</sup>	0,3146 x 10 <sup>-4</sup>	Salomão Pinto
04-A	42.840 kg/cm <sup>2</sup>	1,1x10 <sup>8</sup> USACE	$N_L = 1,21x10^{-8} x \left(\frac{1}{\varepsilon}\right)^{2,66}$	10 <sup>5</sup>	0,7589 x 10 <sup>-4</sup>	Salomão Pinto
04-A	390.503 Psi	2,9x10 <sup>7</sup> AASHTO	$N_F = 0,0685 \cdot \varepsilon^{-5,671} \cdot E^{-2,363}$	-	1,408 x 10 <sup>-4</sup>	• Shell – 1988 Módulo Dinâmico Mr=1,56E
04-A	390.503 Psi	2,9x10 <sup>7</sup> AASHTO	$N_F = 0,0796 \cdot \varepsilon^{-3,291} \cdot E^{-0,854}$	-	0,8861 x 10 <sup>-4</sup>	• MS-1 Módulo Dinâmico Mr=1,56E

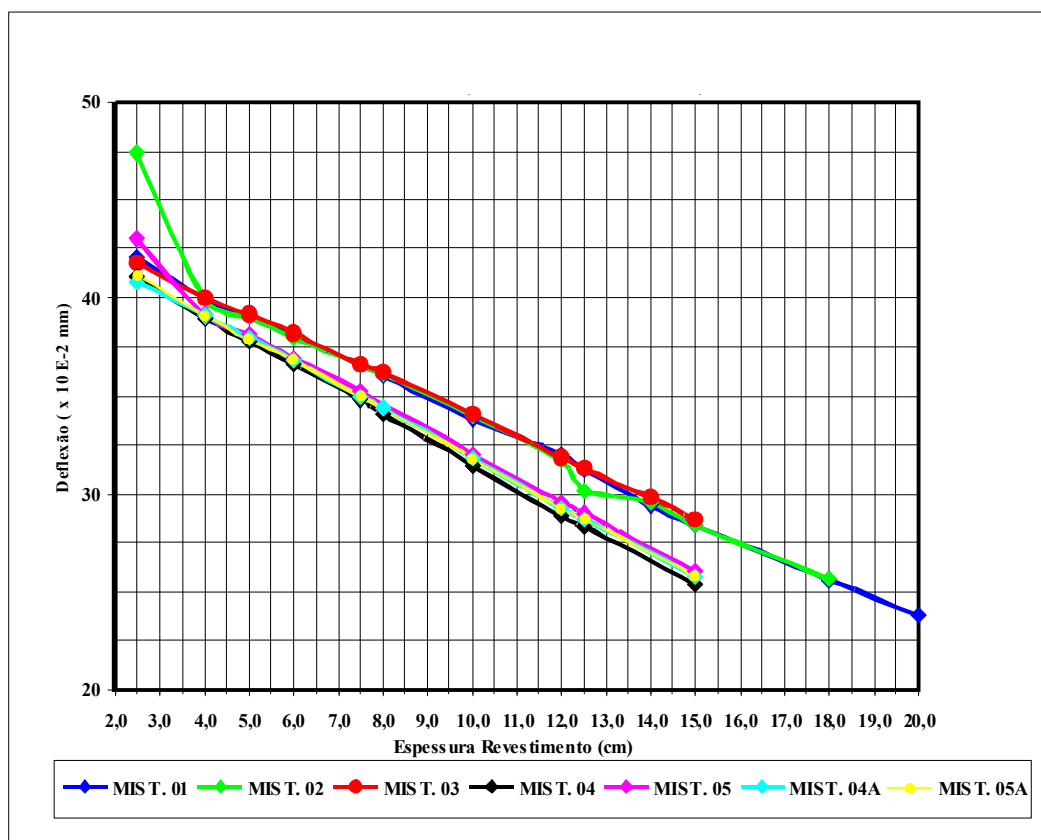
**Tabela 7.24:** Cálculo da deformação limite para mistura 05-A

MISTURA	DADOS ENTRADA		EQUAÇÃO	FATOR C.L	VALOR DA DEFORMAÇÃO	OBS
	MÓDULO	"N"				
05-A	42.460 kg/cm <sup>2</sup>	1,1x10 <sup>8</sup> USACE	$N_L = 9,07 \times 10^{-9} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon}\right)^{2,65} \cdot \left(\frac{1}{M_R}\right)^{-0,033}$	10 <sup>4</sup>	0,3145 x 10 <sup>-4</sup>	Salomão Pinto
05-A	42.460 kg/cm <sup>2</sup>	1,1x10 <sup>8</sup> USACE	$N_L = 1,21 \times 10^{-8} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon}\right)^{2,66}$	10 <sup>5</sup>	0,7589 x 10 <sup>-4</sup>	Salomão Pinto
05-A	387.039 Psi	2,9x10 <sup>7</sup> AASHTO	$N_F = 0,0685 \cdot \varepsilon^{-5,671} \cdot E^{-2,363}$	-	1,414 x 10 <sup>-4</sup>	• Shell – 1988 Módulo Dinâmico Mr=1,56E
05-A	387.039 Psi	2,9x10 <sup>7</sup> AASHTO	$N_F = 0,0796 \cdot \varepsilon^{-3,291} \cdot E^{-0,854}$	-	0,8882 x 10 <sup>-4</sup>	• MS-1 Módulo Dinâmico Mr=1,56E

## 7.1.6 Discussão dos Resultados

### 7.1.6.1 Deflexões

A figura 7.2 contém as deflexões das estruturas estudadas para cada mistura em função das espessuras do revestimento.

**Figura 7.2:** Deflexão x Espessura do revestimento asfáltico para as estruturas do estudo de caso

Observa-se que todas as deflexões encontradas estão com valores inferiores à deflexão admissível ( $D_{adm} = 43 \times 10^{-2} \text{ mm}$ ), a única deflexão com valor superior à  $D_{adm}$ , corresponde a mistura 02, com espessura de revestimento asfáltico de 2,5cm.

Em setembro/07 foi construído um trecho de elevação de greide na BR-316/PA, situado entre os km-54,6 ao km-55,24, com 640m de extensão. O pavimento foi construído com a estrutura descrita na tabela 7.1. Objetivando verificar as deflexões de campo, procedeu-se uma campanha deflectométrica, com a utilização da Viga BENKELMAN no segmento recém construído. As leituras foram efetuadas nas duas faixas de tráfego com espaçamento de 20m. O resultado da média das 64 leituras efetuadas foi de  $25,1 \times 10^{-2} \text{ mm}$ , com desvio padrão de  $2,9 \times 10^{-2} \text{ mm}$ , gerando uma deflexão característica de  $28,0 \times 10^{-2} \text{ mm}$ . Este valor é inferior a deflexão  $D_{adm}$  de  $43,0 \times 10^{-2} \text{ mm}$ , obtida através da equação 7.1, como também um pouco menor do que a deflexão obtida pelo programa FEPAVE, tabela 7.10, com valor de  $32,0 \times 10^{-2} \text{ mm}$ , o que evidencia que os módulos adotados para as camadas de Base, Sub-base e Sub-leito estão compatíveis.

#### 7.1.6.2 Tensão de Tração

Na figura 7.3 estão apresentados as curvas de tensão de tração em função da espessura do revestimento.

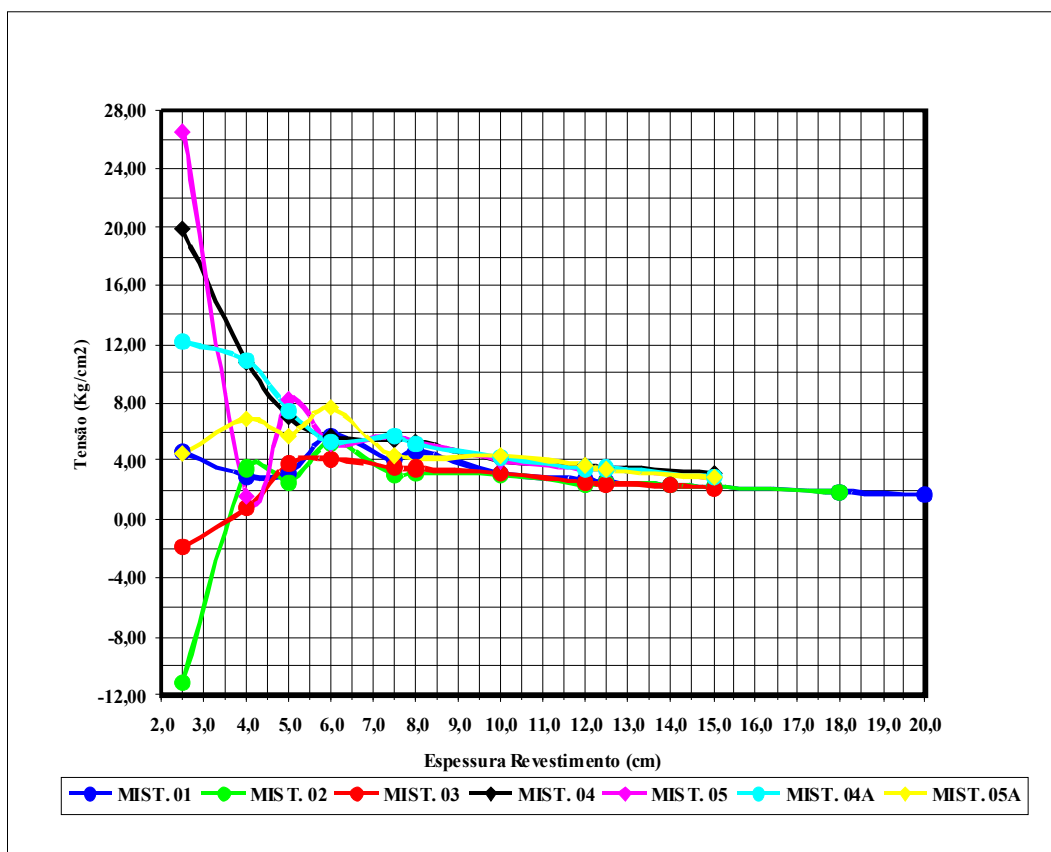


Figura 7.3: Tensão de tração na fibra inferior do CBUQ x Espessura do revestimento asfáltico no estudo de caso



As misturas densas e contínuas, tipos 01, 02 e 03, apresentaram valores da tensão de tração na fibra inferior do revestimento menores que os resultados obtidos nos ensaios de resistência à tração, para todas as espessuras de revestimento usadas. Para as misturas descontínuas (SMA), de forma geral com espessuras do revestimento inferior a 6,0cm, a tensão de tração apresenta valores próximos ou acima das resistências obtidas nos ensaios de tração.

### 7.1.6.3 Tensão Vertical no Topo do Subleito

Observa-se na figura 7.4 que os valores das tensões verticais no subleito encontradas para as estruturas simuladas com cada uma das misturas deste estudo, mesmo com a variação da espessura do revestimento, foram inferiores à tensão limite calculada pela expressão 7.5, cujo valor é de  $0,558\text{kg/cm}^2$ .

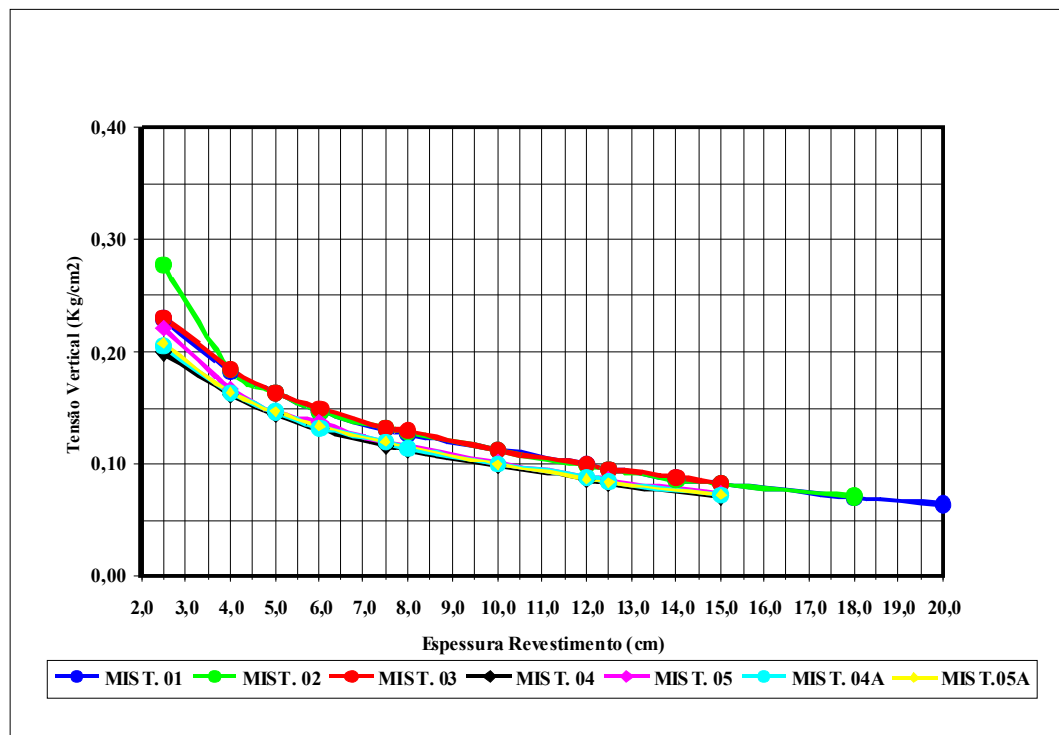


Figura 7.4: Tensão Vertical no Subleito x Espessura do Revestimento Asfáltico

#### 7.1.6.4 Deformação Específica de Tração no CBUQ

Observa-se que utilizando-se o modelo de Salomão Pinto, nenhuma das misturas estudadas, mesmo considerando a variação da espessura do revestimento asfáltico, apresenta deformação menor que as especificadas.

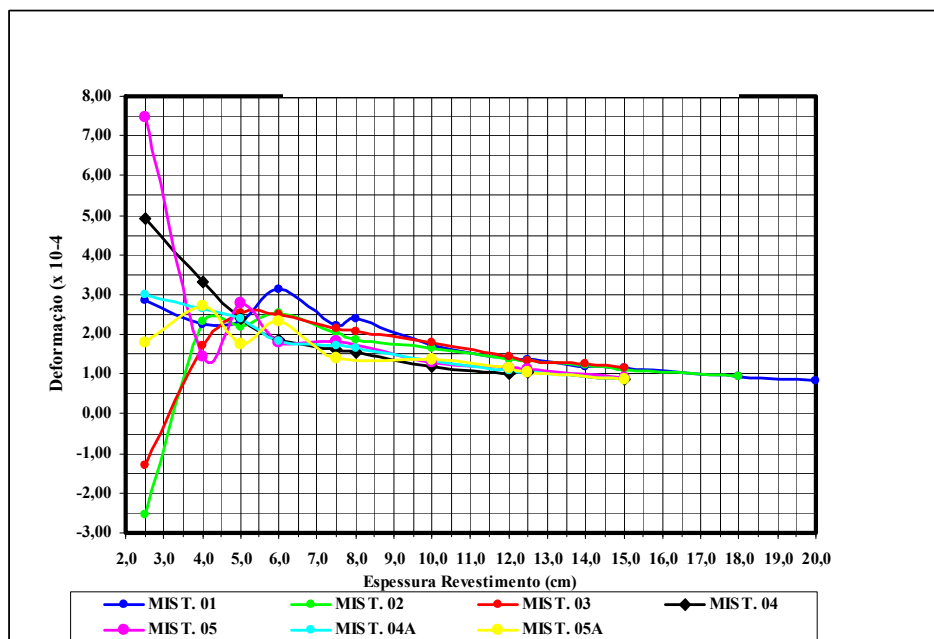


Figura 7.5: Deformação Específica x Espessura do revestimento Asfáltico do estudo de caso

#### 7.1.6.5 Vida de Fadiga

O gráfico, apresentado na figura 7.7, foi obtido em função da diferença de tensões na fibra inferior do CBUQ, ver figura 7.6, e utilizando as equações da tabela 7.5, obtidas em laboratório no ensaio de fadiga. O fator campo - laboratório ( $F_{cl}$ ) foi  $10^4$ , definido por Salomão Pinto, que corresponde a 20% da área trincada.

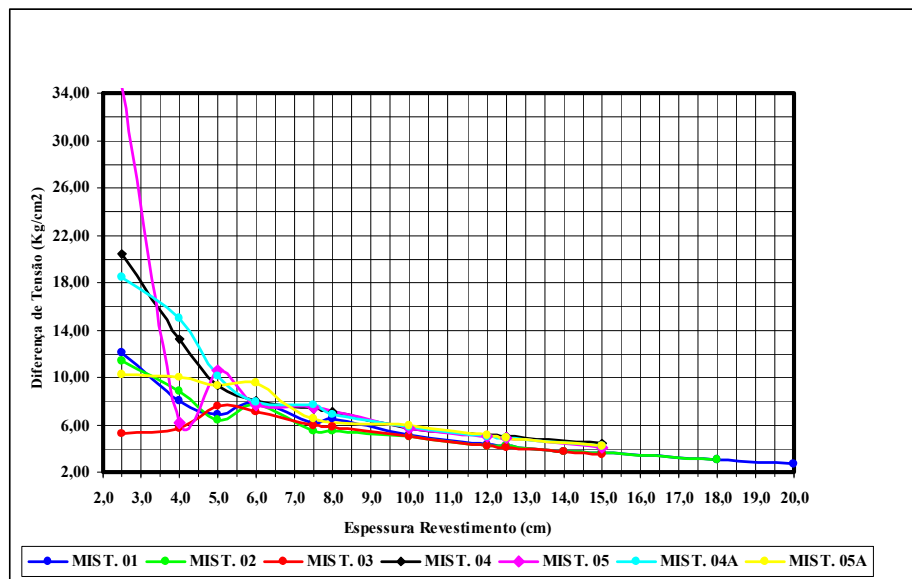


Figura 7.6: Diferença de Tensões x Espessura do Revestimento Asfáltico do estudo de caso

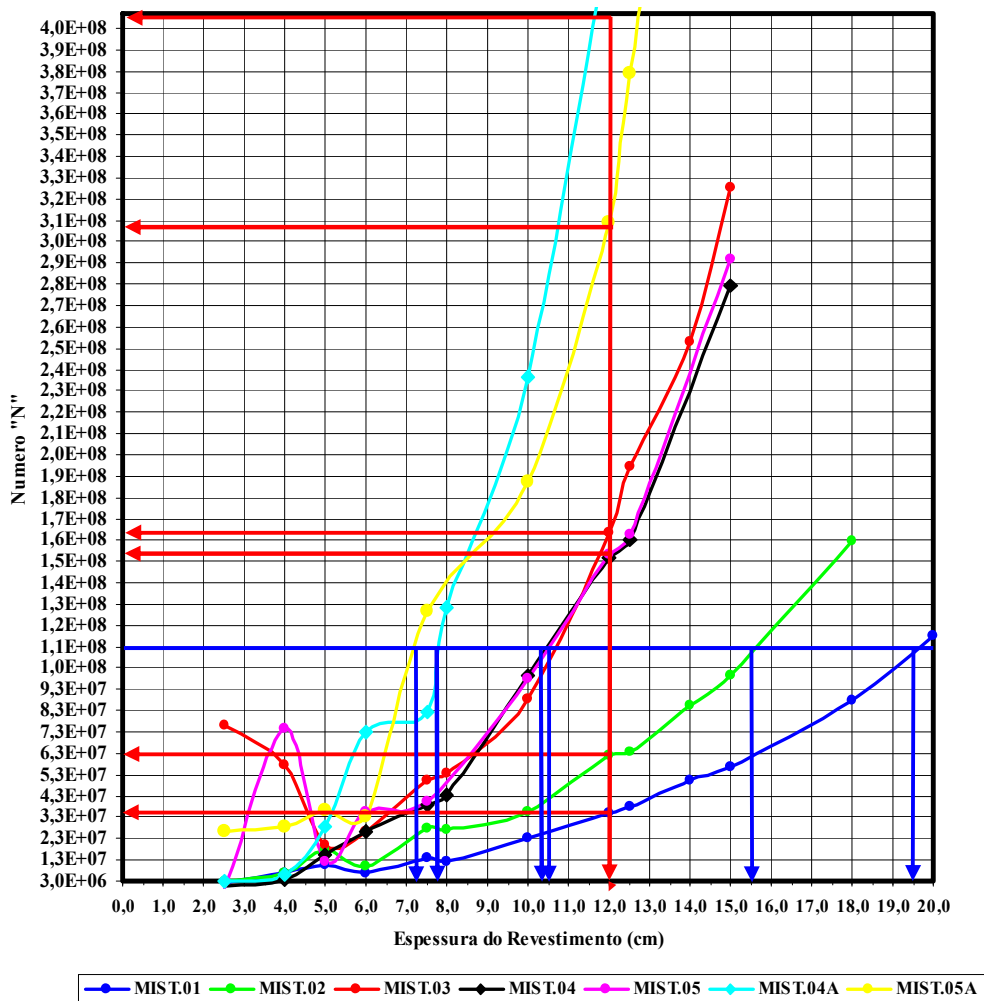


Figura 7.7: Cálculo do Número "N" x Espessura do Revestimento Asfáltico

Da análise do gráfico apresentado na figura 7.7, tem-se:

- **Mistura 01**

A estrutura do pavimento projetada de Sub-Base 15,0cm, Base 20,0cm e CBUQ 12,0cm, utilizando como revestimento a mistura 01 elaborada a partir das seguintes características:

- Seixo in-natura.
- A granulometria atende a faixa “C” do DNIT.
- Dos três parâmetros definidos no método Bailey, apenas o PFAM encontra-se dentro da faixa recomendada.
- A granulometria atende aos requisitos propostos no superpave para PTMN de 12,5mm.

Verifica-se que o número “N” que a estrutura suporta, até apresentar 20% de área trincada, será de  $N=3,7 \text{ E}+07$ , o que corresponde a aproximadamente 4 anos de vida. No mesmo gráfico tem-se a espessura necessária de CBUQ, para uma vida de 10 anos ( $N=1,1\text{E}+08$ ). Com isto a estrutura passaria a ter a seguinte configuração:

Revestimento (CBUQ)	: 19,5cm;
Base	: 20,0cm;
Sub-Base	: 15,0cm.

Com a utilização de 12,0cm em CBUQ, obteve-se uma vida útil de aproximadamente 4 anos. No entanto, verifica-se *in-loco*, que o pavimento construído já suportou um período de aproximadamente 5 anos, e ainda não apresentou trincas de fadiga, o que evidencia a necessidade de realizar pesquisas em campo para a obtenção do fator campo-laboratório para a região.

- **Mistura 02**

Com a mesma estrutura projetada (Sub-Base 15,0cm, Base 20,0cm e CBUQ 12,0cm) e substituindo a mistura 01 pela mistura 02, que foi moldada com as características abaixo:

- Seixo In-Natura com ajuste na granulometria.
- Granulometria atendendo a faixa “C” do DNIT.

- Todos os parâmetros definidos pelo método Bailey atendem às faixas recomendadas.
- A granulometria, no que se refere aos requisitos propostos pelo superpave, atende aos pontos de controle, mas passa dentro da zona de restrição para PTMN de 19,00mm.

Tem-se uma melhora na previsão da vida de fadiga, obtendo um “N” de  $6,3E+07$ , que corresponde a um período de 6 anos. Para atender um período de 10 anos ( $N=1,1E+08$ ), a espessura do CBUQ sofrerá um acréscimo inferior quando da utilização da mistura 01. A estrutura do pavimento seria:

Revestimento (CBUQ)	: 15,5cm;
Base	: 20,0cm;
Sub-Base	: 15,0cm.

- **Mistura 03**

Com a estrutura projetada (Sub-Base 15,0cm, Base 20,0cm e CBUQ 12,0cm) e utilizando-se a mistura 03, que apresenta as características abaixo:

- Seixo Britado.
- A granulometria atende a faixa “C” do DNIT.
- Todos os parâmetros definidos pelo método Bailey atendem as faixas recomendadas
- Nos requisitos propostos pelo superpave a granulometria atende aos pontos de controle, mas passa dentro da zona de restrição para PTMN de 19,00mm.

Tem-se uma situação bem favorável, segundo o gráfico da figura 7.6. Assim, pode-se diminuir a espessura do CBUQ, para atendimento a uma vida de projeto de 10 anos ( $N=1,10E+08$ ).

A estrutura do pavimento seria:

Revestimento (CBUQ)	: 10,5cm;
Base	: 20,0cm;
Sub-Base	: 15,0cm.

- **Mistura 04**

- Seixo Britado.
- Mistura descontínua tipo SMA (PTMN de 9,5 mm).
- Ligante, CAP – 50/70.

A espessura de revestimento (CBUQ), necessária para atender um período de 10 anos ( $N=1,1 E + 08$ ), é de 10,40 cm, muito próximo do valor encontrado quando utilizado a mistura 03 ( $e= 10,50$  cm). Isto decorre pelo fato de, apesar da mistura 04 apresentar uma vida de fadiga bem superior ao da mistura 03, o seu módulo de resiliência é bem superior ao da mistura 03, o que acarreta uma maior tensão na fibra inferior do revestimento, e conseqüente diminuição do número “N”, já que o mesmo é inversamente proporcional a diferença de tensões ( $\Delta \sigma$ ).

Utilizando-se a mistura 04, a estrutura do pavimento seria:

Revestimento (CBUQ)	: 10,4cm;
Base	: 20,0cm;
Sub-Base	: 15,0cm.

- **Mistura 05**

- Seixo Britado.
- Mistura descontínua tipo SMA (PTMN de 12,5 mm).
- Ligante, CAP-50/70.

O comportamento da mistura 05 é praticamente idêntico ao da mistura 04, ou seja, para um período de 10 anos, o valor da espessura do revestimento foi de 10,40 cm.

- **Mistura 04-A**

- Seixo Britado.
- Mistura descontínua tipo SMA (PTMN de 9,5 mm).
- Ligante, CAP – 30/45.

A mistura 04-A tem uma vida de fadiga superior ao da mistura 04, que apresenta a mesma granulometria e tem com o ligante o CAP-50/70. O valor da espessura do revestimento encontrado para um período de 10 anos foi de 7,80 cm.

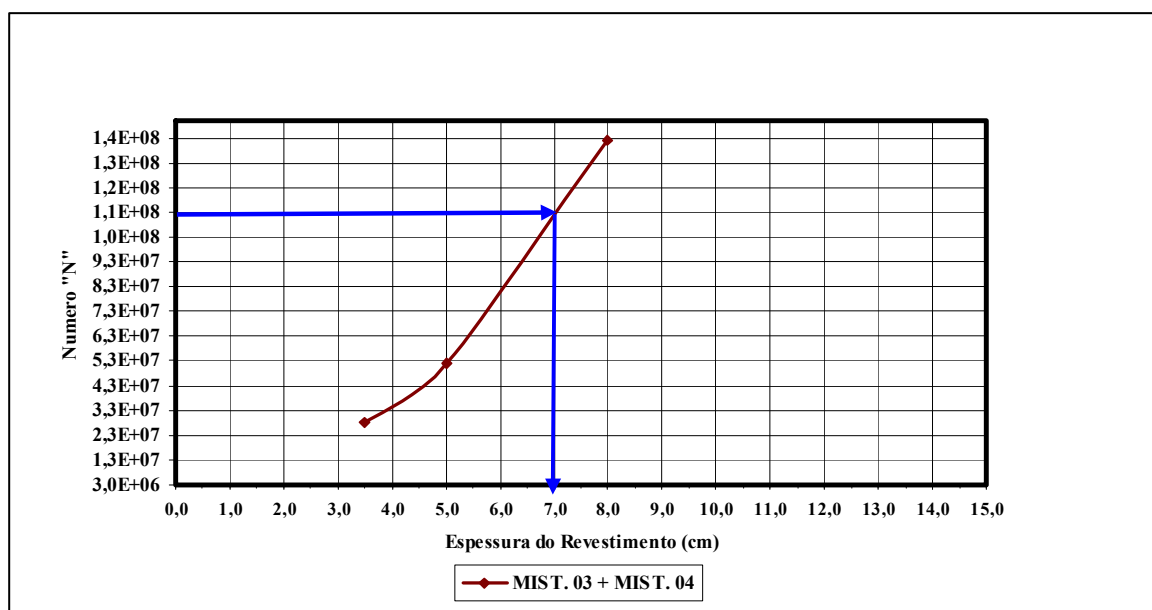
- **Mistura 05-A**

- Seixo Britado.
- Mistura descontínua tipo SMA (PTMN de 12,5 mm).
- Ligante, CAP-30/45.

De todas as misturas estudadas, esta foi a que apresentou um melhor comportamento quanto à vida de fadiga e, como o nível de tensão na fibra inferior do revestimento (CBUQ), foi praticamente uniforme para as misturas descontínuas. Obteve-se, com isto, menor espessura de revestimento ( $e=7,2$  cm), para um período de projeto de 10 anos ( $N=1,1E+08$ ).

A tabela 7.25 contém um resumo das espessuras de CBUQ das sete misturas, para um período de projeto de 10 anos, levando-se em consideração o critério da fadiga. Como a menor deformação plástica obtida no ensaio CREEP, para as misturas tipo SMA, foi a da mistura 04, foi efetuado um estudo sub-dividindo a camada de CBUQ em duas, ou seja, a 1ª camada, executada com a mistura 03 (densa e contínua), escolhida entre as três, por apresentar melhor desempenho quanto a fadiga, e a 2ª camada com 3,5 cm de SMA da mistura 04. Variou-se a espessura da 1ª camada, afim de se obter o valor necessário, para um período de 10 anos. Na análise de fadiga foi utilizada a curva da mistura 03 (1ª camada), já que na 2ª camada a tensão obtida na fibra inferior foi de compressão. Da figura 7.8 obtém-se a espessura da 1ª camada, que corresponde a 7,0 cm de CBUQ, ficando o pavimento com a seguinte estrutura.

- Sub Base com 15,0 cm.
- Base com 20,0 cm.
- CBUQ (1ª camada), mistura 03, com 7,0 cm.
- SMA (2ª camada), mistura 04, com 3,5 cm.



**Figura 7.8:** Cálculo do número “N” e Espessura do Revestimento Asfáltico, para o revestimento composto pela mistura 03 e mistura 04

**Tabela 7.25:** Espessuras do CBUQ para um período projeto de 10 anos para as misturas deste estudo

<i>Mistura</i>	<i>TIPO</i>	<i>LIGANTE</i>	<i>Espessura da CBUQ (cm)</i>
01	Densa e Contínua	CAP 50/70	19,5
02	Densa e Contínua	CAP 50/70	15,5
03	Densa e Contínua	CAP 50/70	10,5
04	Descontínua (SMA)	CAP 50/70	10,4
04 A	Descontínua (SMA)	CAP 30/45	7,8
05	Descontínua (SMA)	CAP 50/70	10,4
05 A	Descontínua (SMA)	CAP 30/45	7,2
03 + 04	-	CAP 50/70	7,00 + 3,50 = 10,5

Objetivando quantificar o reflexo financeiro com a utilização das misturas estudadas, será apresentado o custo para 1,0 km de pavimentação (considerando apenas o CBUQ, já que as camadas de Sub-Base e Base são iguais, para todas situações). Os preços quantificados referem-se a Agosto/2007, região norte, e foram elaboradas de acordo com a metodologia SICRO (Sistema de Custo Rodoviário) aprovado pelo DNIT.

O preço do ligante asfáltico foi cotado em duas refinarias, o CAP-50/70 é fornecido pela refinaria de Fortaleza (LUBNOR), cujo preço da tonelada de R\$ 1.422,90, posto em Belém, e



o CAP-30/45 é fornecido pela refinaria do Rio de Janeiro (REDUC), com preço por tonelada de R\$ 1.668,96, posto em Belém. O custo da aquisição do CAP-30/45 é menor do que o do CAP-50/70, o que eleva o seu preço é o frete, já que a distância Rio - Belém é bem maior que Fortaleza – Belém.

A tabela 7.26 contém a relação dos insumos das misturas, que serão utilizados nas composições de custos unitários.

**Tabela 7.26:** Composição dos insumos

<i>Agregados</i>	<i>Mistura 01</i>	<i>Mistura 02</i>	<i>Mistura 03</i>	<i>Mistura 04</i>	<i>Mistura 05</i>	<i>Mistura 04A</i>	<i>Mistura 05A</i>
Seixo in-natura	52%	54%	-	-	-	-	-
Seixo Britado	-	-	53%	77%	81,5%	77,0%	81,5%
Areia	45%	43,5%	43,5%	16,5%	12,0%	16,5%	12,0%
Filer (Cimento)	3%	2,5%	3,5%	6,5%	6,5%	6,5%	6,5%
Teor Ligante	5,6%	5,2%	5,4%	6,8%	8,25%	6,9%	7,8%
Fibra	-	-	-	0,2%	0,6%	-	0,5%

O custo da tonelada de CBUQ para cada mistura está apresentado na tabela 7.27, e as composições estão em anexo.

**Tabela 7.27:** Resumo dos preços unitários para 1,0 ton. de CBUQ

<i>Mistura</i>	<i>Preço por tonelada de CBUQ (R\$ / Ton)</i>		
	<i>Britagem Seixo</i>	<i>Usinagem e Execução</i>	<i>Custo Total</i>
01	0,00	155,79	155,79
02	0,00	149,08	149,08
03	20,29	154,69	174,98
04	20,29	197,16	217,45
04 <sup>a</sup>	20,29	205,35	225,64
05	20,29	237,73	258,02
05 <sup>a</sup>	20,29	245,73	266,02

Na tabela 7.28 tem-se o custo da usinagem e execução para 1,00 km de pista, com largura de 7,00 m.

**Tabela 7.28:** Comparativo de custo das alternativas estudadas

<i>Mistura</i>	<i>Quantidade ton/km</i>	<i>Preço Tonelada R\$</i>	<i>Preço Total R\$/km</i>	<i>% em Relação a Mistura 01</i>
01	1000x7x0,195x2,33=3.180	155,79	495.412,20	1,00
02	1000x7x0,155x2,34=2.539	149,08	378.514,12	0,76
03	1000x7x0,105x2,34=1.720	174,98	300.965,60	0,61
04	1000x7x0,104x2,30=1.674	217,45	364.011,30	0,73
05	1000x7x0,104x2,26=1.645	258,02	424.442,90	0,86
04A	1000x7x0,078x2,30=1.256	225,64	283.403,84	0,57
05A	1000x7x0,072x2,27=1.144	266,02	304.326,88	0,61
03 + 04	1000x7x0,070x2,34=1.147 1000x7x0,035x2,30=564	174,98 217,45	323.343,86	0,65

Das alternativas contidas na tabela 7.28, observa-se que a mistura 01 é a que apresenta o maior custo por quilômetro, com valor de R\$ 495.412,20.

Das misturas densas e contínuas, a mistura 03 apresentou o menor custo por quilômetro, com valor de R\$ 300.965,60, com uma redução de 39%, em relação a mistura 01.

Nas misturas descontínuas, tipo SMA, a mistura 05 foi a que apresentou maior custo por quilômetro, com valor de R\$ 424.442,90. Isto se deve a espessura de CBUQ, de 10,40 cm, ao teor de CAP-50/70, com 8,25%, e ao alto teor de fibra VIATOP-66, com 0,6% em peso, cujo valor impactou em R\$ 30,36 por tonelada de CBUQ. A mistura 04-A foi a que apresentou o menor custo por quilômetro, com valor de R\$ 283.403,84. A utilização do CAP-30/45 proporcionou melhor vida de fadiga, reduzindo a espessura do CBUQ para 7,8 cm, como também o teor de ligante de 6,8% e a não utilização de fibra.

A alternativa de utilizar o revestimento composto por 7,0 cm da mistura 03, com 3,5 cm da mistura 04, parece ser, também, uma boa solução, pois além de ter um custo por quilômetro

de R\$ 323.343,86, com uma redução de 35% em relação a mistura 01, em ambas as misturas, o seixo é britado, o ligante utilizado é o CAP-50/70, o que proporciona melhor logística e operacionalidade para execução.

## CAPÍTULO 8: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 8.1 CONCLUSÕES

O emprego de seixo rolado como agregado em misturas asfálticas, no estado do Pará, é uma realidade e representa prática comum em obras de pavimentação. A exploração das seixeiras é feita através de sistemas de dragagem com tratamento por lavagem e peneiramento para separação das frações graúda e miúda; quando especificado em projeto o seixo pode ser britado. O transporte para obras é feito em balsas ou por meio rodoviário. Ao longo dos anos a experiência tem comprovado a boa qualidade do CBUQ com seixo, confirmada na existência de segmentos rodoviários submetidos a tráfego intenso, tais como a BR-316/PA e BR-010/PA.

Nesta pesquisa foram abordados aspectos adicionais a respeito do assunto, considerando resultados de ensaios contemporâneos em laboratório da UFCG/PB e COPPE/RJ.

A seguir são expostas considerações acerca dos resultados obtidos e conclusões conseqüentes:

1. A determinação da espessura de CBUQ para cada mistura, calculada em função da estrutura da base, sub-base e sub-leito e do tráfego da BR-316/PA, através do FEPAVE, para um período de projeto 10 anos, e com o custo de produção por tonelada do CBUQ, conferiu a mistura 03, que teve como agregado o seixo britado, a melhor relação custo - benefício entre as misturas densas e contínuas. As misturas SMA também apresentam relação custo – benefício superior quando comparadas com a mistura 01, que é utilizada atualmente na BR-316/PA. A alternativa de revestimento composto por uma 1ª camada de CBUQ com mistura densa e contínua, sobreposta por uma 2ª camada de SMA, demonstrou ser também uma boa solução.
2. Quanto a vida de fadiga das misturas densas e contínuas, a utilização do seixo britado e a granulometria projetada para atendimento aos método BAILEY, proporcionou a mistura 03, desempenho superior ao da mistura 02, confeccionada com seixo “in-natura” e atendendo as recomendações do método BAILEY, seguida pela mistura 01, projetada com seixo “in-natura” e com granulometria fora da faixa do método BAILEY.

3. Para o volume de vazios iguais a 4,0%, critério adotado para definição de teor de projeto, os parâmetros Marshall podem ser considerados semelhantes, porém os resultados obtidos para resistência a tração, módulo de resiliência, fadiga e deformação permanente elegem a mistura 03 (seixo britado) com melhor desempenho em laboratório entre as misturas densas e contínuas.
4. As misturas asfálticas tipo SMA, como esperado, exigiram maiores teores de ligante, proporcionando um filme de ligante mais espesso no recobrimento dos agregados, aumentando a resistência do revestimento à fadiga.
5. O desempenho da vida de fadiga das misturas SMA foram bem superiores aos das misturas densas e contínuas, isto deve-se ao fato dessas misturas serem mais ricas em ligantes. A utilização do CAP-30/45, proporcionou as misturas 04-A e 05-A, comportamento superiores aos das misturas 04 e 05, que foram projetadas com CAP-50/70.
6. Para o enquadramento das composições granulométricas das misturas 02 e 03, aos parâmetros definidos no método BAILEY e das misturas 04, 04-A, 05 e 05-A às especificações de NAPA (2002), fez-se necessário fracionar os agregados, nas peneiras especificadas e ajustar os percentuais em função da granulometria desejada. Esse procedimento é de fácil execução em laboratórios, mas no campo requer a implantação de um sistema de peneiramento e seleção dos agregados. Há que se considerar que diante dos processos produtivos de agregados convencionais e da quantidade de silos disponíveis nas usinas torna-se complicado a implantação de dosagem do tipo SMA ou mesmo das misturas contínuas obedecendo o método BAILEY.
7. Os valores obtidos permitem constatar, com relação às exigências das especificações brasileiras, que os agregados apresentaram boas características tecnológicas. O resultado de adesividade isoladamente não representa, necessariamente, que a mistura como um todo não irá apresentar bom comportamento à ação da água. Todas as misturas estudadas, mostraram bons resultados de Razão de Resistência à Tração (RRT), ficando acima do valor mínimo de 0,70, avaliadas quanto a ação do dano por umidade induzida, segundo o método AASHTO T 283-03.
8. Os ligantes avaliados apresentam diferenças significativas nas características que regem as suas consistências. Todos os ensaios detectaram, de uma forma ou de outra, a diferença

entre os CAPs nas misturas SMA. Essas diferenças refletem em respostas viscoelásticas específicas das misturas asfálticas.

9. Nas misturas tipo CBUQ foi utilizado apenas o CAP 50/70 e as diferenças nos teores de ligante de projeto foram muito pequenas, podendo ser consideradas como inclusas na faixa de aceitação do controle de qualidade do teor de ligante ( $\pm 0,4$ ), especificado em DNIT ES 031/2006.
10. Os ensaios de compressão axial dinâmico (Creep Dinâmico) foram realizados no laboratório da UFCG/PB, com as leituras da deformação medidas no topo e no laboratório da COPPE/RJ, com as leituras da deformação medidas no centro dos corpos de prova. Conforme esperado a deformação medida no centro dos corpos de prova, apresentaram valores inferiores aos medidos no topo do corpo de prova. A utilização do seixo in-natura, seguida do teor de ligante, foram os parâmetros que influenciaram diretamente para a obtenção de menor deformação permanente.
11. A relação do valor MR/RT, das misturas densas e contínuas apresentaram valores de 3.096 e 3.424. Nas misturas SMA, os valores da relação MR/RT, das misturas 04 e 05 foram, respectivamente 7.541 e 7.441, isto foi ocasionado pelos baixos valores da RT dessas misturas. Nas misturas 04-A e 05-A os valores de MR/RT foram 4.824 e 5.261, respectivamente.

12.

## 8.2 RECOMENDAÇÕES

1. Dar continuidade ao estudo de material para pavimentos, possibilitando agregar valores econômicos e materiais alternativos como: **laterita, calcáreo, seixos, resíduos da construção e demolição (entulhos, material fresado, etc.), e rejeitos industriais;** importantes em regiões carentes de materiais granulares tradicionalmente adotados em pavimentação.

2. Avaliar viabilidade técnica e econômica do emprego de materiais em cenário alternativos para pavimentação, inclusive rejeitos industriais e da construção e demolição.
3. Avaliar estruturalmente as alternativas consideradas em projetos reais de pavimentação.
4. Avaliar estatisticamente a influência variabilidade dos parâmetros obtidos nos ensaios no desempenho das misturas.
5. Realizar ensaios adicionais para subsidiar conclusões acerca de propriedades de engenharia das misturas.
6. Programar ensaios de deformação permanente com o simulador de tráfego laboratorial, para verificar a viabilidade dessas misturas.
7. Avaliar o comportamento mecânico das misturas SMA, com o CAP-30/45 e CAP-50/70, variando a temperatura dos ensaios, para comparar o desempenho de cada ligante com temperaturas acima de 25°C.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO T283-89. **Resistance of Compacted bituminous Mixture to Moisture Induced Damage**. American Association of State Highway and Transportation Officials. 1989.

AASHTO. **Guide for Design of Pavement Structures**. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., U.S.A., 1993.

AASHTO T305-97. **Determination of Draindown Characteristics in Uncompacted Asphalt Mixtures**. American Association of State Highway and Transportation Officials. 1997.

AASHTO. **Guide for Design of Pavement Structures**. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., U.S.A., 2002.

AEDO, J. L. C. **Programa para análise tridimensional de pavimentos asfálticos**. Dissertação de M.Sc., PUC-RJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 1997.

AYRES JR., M. **Development of a rational probabilistic approach for flexible pavement analysis**. Ph.D. dissertation, University of Maryland, College Park, U.S.A., 1997.

BARBOSA, M. C. M. de F., **Desenvolvimento de Rotina para Utilização Amigável dos Programas Elsym e Fepave para Avaliação de Pavimentos**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco. CTG/ Engenharia Civil, Recife – PE, 2007.

BELIGNI, M.; VILLIBOR, D. F.; CINCERRE, J. R. Mistura Asfáltica do Tipo SMA (Stone Mastic Asphalt): Solução para Revestimentos de Pavimentos de Rodovias e Vias Urbanas de Tráfego Intenso. In: **Anais da Reunião Anual de Pavimentação – 32º RAPv**, v. 01, pp. 590-605, Brasília, Distrito Federal, Brasil, 16-20 Outubro, 2000.

BENEDETTO, H. D.; DE LA ROCHE, C. E FRANCKEN, L. Fatigue of bituminous mixtures: different approaches and RILEM interlaboratory tests. In: **Mechanical Tests for Bituminous Materials**, RILEM, 1997, p. 15-26.

BENEVIDES, S. A. S. **Análise Comparativa dos Métodos de Dimensionamento de Pavimentos Asfálticos – Empírico do DNER e Resiliência da COPPE/UFRJ em Rodovias do Ceará**. Tese de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2000.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Departamento Nacional de Meteorologia, **Normais climatológicas (1961-1990)**, Brasília.



BROWN, E. R.; HADDOCK, J. E.; MALLICK, R. B.; LYNN, T. A. Development of a Mixture Design Procedure for Stone Matrix Asphalt (SMA). **Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists**, v.66, p. 1-24. 1997a.

BROWN, E. R.; MALLICK, R. B. HADDOCK, J. E.; BUKOWSKI, J. Performance of Stone Matrix Asphalt (SMA) Mixtures in the United States. **Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists**, v. 66, 1997b, p. 426-449.

CABRAL, E.M.; TAVEIRA, A.F.S.; CAMPELO, N.S.; RABELO, E.P; MORAIS, M.R. e CAMPOS, A.M.L. (2007) Comparação entre Características Físicas e Mecânicas de Argila Calcinada em Diferentes Temperaturas, 38ª Reunião Anual de Pavimentação, 12º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária 38ª RAPv 12º ENACOR, Manaus, AM-Brasil.

CARPENTER, S.H.; GHUZLAN, K.A. e SHEN, S. A Fatigue Endurance Limit for Highway and Airport Pavements, **Proceedings Highway Research Board**, Washington, DC. 2003.

CARNEIRO, F. L. Um novo método para a determinação da resistência a tração dos concretos. **Comunicação 5 Reunião Associação Brasileira de Normas Técnicas, publicação Instituto Nacional de Tecnologia**, Rio de Janeiro, 1943 (publicado no boletim 13, RILEM, série antiga, Paris, 1953).

COMINSKY, R. J.; KILLINGSWORTH, B. M.; ANDERSON, R. M.; ANDERSON, D. A.; CROCKFORD, W. W. Quality control and acceptance of superpave-designed hot mix asphalt. **National Cooperative Highway Research Program**, n.409, 1998, p. 1-26.

COREE, B. J. Hot-mix asphalt volumetrics revisited. **Transportation Research Record**, n. 1681, 1999, p. 50-58.

CHANG, H. S; LYTTON, R. L. e CARPENTER, S. H. **Numerical Analysis of Thermal Crack Propagation in Pavement Overlays**, Int. Conf. on Numerical Methods in Geomechanics, 1999, p. 526-539.

CHOWDHURY, A.; GRAU, J. D. C.; BUTTOM, J. W.; LITTLE, D. N. Effect of Aggregate Gradation on Permanent Deformation of Superpave HMA. **80<sup>th</sup> Annual Meeting of Transportation Research Board**. Washington, DC. 2001.

COELHO, V.; SÓRIA, M. H. A. Variabilidade dos Resultados do Método Marshall. **11º Encontro de Asfalto**, IBP, Rio de Janeiro, 1992.

COELHO, V.; SÓRIA, M. H. A. Influência da Granulometria e da Temperatura nas Deformações Permanentes das Trilhas-de-Roda. **29ª Reunião Anual de Pavimentação**, ABPv, Cuiabá, v. 2, p. 402-431, 1992.

CUNHA, M. B.; GOUVEIA, L. T.; FERNANDES JR., J. L.; MOTTA, L. M. G. Influência dos agregados sobre Propriedades Mecânicas e volumétricas de Misturas Asfálticas: Análise do Método Bailey. **XVIII congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET**, Florianópolis, 2004.

EAPA. **Heavy Duty Surfaces: The Arguments For SMA**. European Asphalt Pavement Association – EAPA, Holanda, 1998.

ELLIOTT, R. P. e THOMPSON, M. R. **ILLI-PAVE Mechanistic Analysis of AASHO Road Test Flexible Pavement TRB**, Transportation Research Record, 1043, 1985, p. 33-49.

FAA. **Airport Pavement Design for the Boeing 777 Airplane**, Advisory Circular - AC 150/5320-16, Federal Aviation Administration, Washington, D.C., U.S.A., 1995.

FAA. **Airport Pavement Design for the Boeing 777 Airplane**, Advisory Circular - AC 150/5320-16, Federal Aviation Administration, Washington, D.C., U.S.A., 1996.

FALCÃO, M. F. B. e SOARES, J. B. Considerações Sobre o Ensaio de Compressão Diametral no Estudo de Materiais de Pavimentação. **XVI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET**, Natal. 2002a.

FALCÃO, M. F. B. e SOARES, J. B. Discussão Sobre os Modos de Ruptura Observados no Ensaio de Compressão Diametral. **XVI Encontro de Asfalto do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, IBP**, Rio de Janeiro. 2002b.

FERREIRA, J. G. H. M. **Elaboração e Análise da Base de Dados de Ensaios Triaxiais Dinâmicos da COPPE/ UFRJ**. Tese de Mestrado, COPPE/ UFRJ, Rio de Janeiro, 2002.

FONSECA, O. A. **Development of a Time Dependent Model for the Dynamic Modulus of Asphalt Mixes**. Ph.D. Dissertation, University of Maryland, Maryland, E.U.A. 1995.

FONSECA, J. L. G. **Um Método de Retroanálise de Bacias de Deflexão de Pavimentos**. Tese de Mestrado, COPPE/ UFRJ, Rio de Janeiro, 2002.

FRANCO, F. A. C. P. **Um Sistema para Análise Mecânica de Pavimentos Asfálticos**. Dissertação de M.Sc., COPPE/ UFRJ, Rio de Janeiro, 2000.

FRANCO, F. A. C. P. **Versão da macro de Excel Desenvolvida para o Programa FEPAVE de maio de 2004**. Divulgação Interna. Laboratório de Geotecnia da COPPE/UFRJ. 2004a.

FRANCO, F. A. C. P. Avaliação dos modelos de previsão do dano de fadiga em misturas asfálticas, In: **Trabalhos técnicos do 17º Encontro de Asfalto**, Rio de Janeiro, dezembro, 2004b, p. 100-117.

FRANCO, F. A. C. P. **Método Automático de Dimensionamento Mecanístico-Empírico de Pavimentos Asfálticos**. Tese de Doutorado, COPPE/ UFRJ, Rio de Janeiro, 2007.

FROTA, C. A.; MENTA, C. O. e NUNES, F. R. G. Utilização do Entulho Reciclado em Misturas Asfálticas para a Região de Manaus. **Anais da 12ª Reunião de Pavimentação Urbana**, ABPv, Rio de Janeiro, 2003a. CD-ROM.

FROTA, C. A.; NUNES, F. R. G. e ALENCAR, C. L. S. Estudo da Cal de Carbureto como Filler em Misturas Asfálticas. **Anais da 12ª Reunião de Pavimentação Urbana**, ABPv, Rio de Janeiro, 2003b. CD-ROM.

FROTA, C. A.; ALENCAR, C. L. S. e SILVA, C. P. L. Influência do Tipo de Agregado na Qualidade Técnica de Misturas Asfálticas. **Anais da 35ª Reunião Anual de Pavimentação**, ABPv, Rio de Janeiro, 2004a. CD-ROM.

FROTA, C. A.; SILVA, C. P. L. Estudo de Misturas Betuminosas com Entulho Reciclado Fracionado e Não-Fracionado. **Anais da 35ª Reunião Anual de Pavimentação**, ABPv, Rio de Janeiro, 2004b. CD-ROM.

FROTA, C. A.; ALENCAR, C. L. S. e PASSOS, L. A. **Caracterização de Misturas Asfálticas do Tipo AAUQ para a Região de Urucu, Utilizando Cal de Carbureto**. 2004c.

FROTA, C. A. da; SILVA, C. L. da e NUNES, F. R. G. Efeito do envelhecimento no comportamento mecânico de misturas asfálticas confeccionadas com agregados sintéticos. **Anais da 36ª Reunião anual de Pavimentação**, ABPv, Curitiba, 2005.

FROTA, C. A. da; SILVA, C. L. da e NUNES, F. R. G. Análise do comportamento mecânico de misturas asfálticas confeccionadas com agregados sintéticos de argila calcinada, V **Jornadas Luso-Brasileiras de Pavimentos: Políticas e Tecnologias**, Recife, 2006.

HAND, A. J.; STIADY, J. L.; WHITE, T.D. et al. "Gradation effects on hot-mix asphalt performance." In: **Journal of the Transportation Research Board**. National Academy Press. Asphalt Mixtures, 2001, nº 1767, pp. 152-157, 2001.

HORST, Erdlen. "Stone Mastic Asphalt – Pavement Technology". In: **Anais do 15º Encontro de Asfalto**, artigo IBP 62000, pp. 143-151, Rio de Janeiro, dezembro, 2000.

HUANG, Y. H. **Pavements Analysis and Design**. Prentice Hall Inc. New Jersey, E.U.A. 1993.

HUANG, Y. H. **Pavements Analysis and Design**. 2. ed., Prentice Hall Inc. New Jersey, E.U.A., 2003.

HUBER, G. A.; SHULER, T. S. Providing sufficient void space for asphalt cement: Relationship of mineral aggregate voids and aggregate gradation. Meininger, R. C., editor, **Effects of Aggregates and Mineral Fillers on Asphalt Mixture Performance**, n. 1147, p. 225-251, 1992. American Society for Testing and Materials, Philadelphia.

KANDHAL, P. S.; PARKER Jr., F. Aggregate tests related to asphalt concrete performance in pavements. **National Cooperative Highway Research program**, n. 405, 1998.

KANDHAL, P. S.; COOLEY JR., L. A. Coarse versus Fine-Graded Superpave Mixtures: Comparative Evaluation of Resistance to Rutting. **81<sup>th</sup> Annual Meeting of Transportation Research Board**. Washington, DC., 2002a.

KANDHAL, P. S.; MALLICK, R. B. Effect of Mix Gradation on Rutting Potential of Dense Graded Asphalt Mixtures. **80<sup>th</sup> Annual Meeting of Transportation Research Board**. Washington, DC., 2001.

KOPPERMAN, S.; TILLER, G. e TSENG, M., (1986), **ELSYM5 - Elastic Layered System: Interactive Microcomputer Version, User's Manual: IBM-PC and Compatible Version**. Office of Implementation, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, Washington, U.S.A.

LANCHAS, S. "Características del Stone Mastic Asphalt SMA". In: **Anais do Congresso Ibero-Latinoamericano del Asfalto – 10º CILA**, v. 01, pp. 727-730, Sevilha, Espanha, 01-06 Novembro, 1999.

LIMA CABRAL, G.L., Metodologia de Produção e Emprego de Agregados de Argila Calcinada para Pavimentação. Instituto Militar de Engenharia, Dissertação de Mestrado, Rio de Janeiro: 2005..

LIMA CABRAL, G.L.; VIEIRA, A. e LOPES, A.S. –Produção Industrial Experimental do Agregado de Argila Calcinada. 36ª Reunião Anual de Pavimentação – 36ª RAPv. Curitiba, 2005.

LOUREIRO, T. G. **Estudo da evolução do dano por fadiga em misturas asfálticas**. Dissertação de M. Sc., Universidade Federal do Ceará, 2003.

MACÊDO, J. A. G. **Interpretação de Ensaios Defletométricos para Avaliação Estrutural de Pavimentos flexíveis**. Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1996.

MAMLOUK S. M. e SAROFIM T. R., (1989), **The Modulus of Asphalt Mixtures – An Unresolved Dilemma**. Transp. Res. Rec. 1171, Transportation Research Board, Washington, EUA.

MEDINA, J. **Mecânica dos Pavimentos**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 1997.

MERIGHI, João V.; SUZUKI, Carlos Y. “O Ensaio de *Creep* Dinâmico na Previsão de Deformação Permanente de Misturas Asfálticas”. In: **Simpósio Internacional de Manutenção e Restauração de Pavimentos e Controle Tecnológico**, São Paulo, 2000.

MONISMITH, C. L. e BROWN, S. F. “Developments in the structural design and rehabilitation of asphalt pavements over three quarters of a century”. In: **The Association of Asphalt Paving Technologists**, 75<sup>th</sup> anniversary Volume, March, 1999.

MONISMITH, C. L. E DEACON, J. A. “Fatigue of asphalt paving mixtures”. In: Proceedings of the American society of Civil Engineers. **Transportation Engineering Journal**, v.95, Nova York, Estados Unidos, pp. 317-346, may. 1969.

MONISMITH, C.L. (1998). “Asphalt Concrete: An Extraordinary Material for Engineering Applications”.

MOTTA, L. M. G. **O estudo da temperatura em revestimentos betuminosos**. Dissertação de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1979.

MOTTA, L. M. G. **Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis; Critério de Confiabilidade e Ensaio de Cargas Repetidas**. Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1991.

MOTTA, L. M. G. Contribuição para a Estimativa do Módulo Resiliense de Misturas Asfálticas. **14º Encontro de Asfalto**, IBP, Rio de Janeiro, 1998.

MOTTA, Laura M. G.; MEDINA, Jacques de; SOUSA, Ana M. “Características de Fadiga e Resiliência de Concretos Asfálticos Brasileiros”. In: **Anais do 16º Encontro de Asfalto**, artigo IBP 02402, Rio de Janeiro, 03-05 Dezembro, 2002.

MOTTA, Laura M. G.; SÁ, Maria F. P.; OLIVEIRA, Palmira M. F. et al. “O Ensaio de Creep Estático e Dinâmico na Avaliação das Misturas Asfálticas”. In: **Anais da Reunião Anual de Pavimentação – 30ª RAPv**, v. 01, pp. 115-135, Salvador, 24-29 Novembro, 1996.

MOTTA, L.M.G, Tonial, I., Leite, L.M., Constantino R.S., (1996), **Princípios do Projeto e Análise Superpave de Misturas Asfálticas (Tradução Comentada)**. IBP Instituto Brasileiro do Petróleo).

MOURÃO, F. A. L. **Misturas Asfálticas de alto Desempenho tipo SMA**. Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2003.

NAPA. **Mix Design Techniques – Part I**. NAPA TAS-14. National Asphalt Pavement Association, Instructors Manual. 1982.

NAPA. **Designing and Constructing SMA Mixtures – State of the Practice**. Quality Improvement Series 122. National Asphalt Pavement Association, EUA, 2002.

NCHRP. **Guide for Mechanistic-Empirical Design of new and rehabilitated pavement structures**: Program 1-37A, Final Report. Washington - DC, 2004. Disponível em: <<http://www.trb.org/mepdg/guide.htm>>. Acesso em: agosto 2007.

PAUTE, J. L. MARTINEZ, J. **Structural Finite Element Design of Unbound Material Pavement from Cyclic Loading Triaxial Tests**. Fifty Int. Conf. on Structural Design of Asphalt Pavements, 1982.

PINTO, S. **Estudo do comportamento à Fadiga de Misturas Betuminosas e Aplicação na avaliação Estrutural de Pavimentos**. Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

PINTO, Salomão; PREUSSLER, Ernesto S. **Pavimentação Rodoviária – Conceitos Fundamentais sobre Pavimentos Flexíveis**. 2 ed. Rio de Janeiro: Copiarte. 2002.

REDE ASFALTO. Relatório Final de Atividades Rede Asfalto N/NE, Período 2005-2007 – Projeto PC03 – Análise Numérica de Pavimentos, FINEP/PETROBRAS, 2007.

REIS, Rafael M. M., ESPÍRITO SANTO, Nelson R. Revestimento de Alta Funcionalidade para Rodovias e Aeroportos. **5º Encontro de Asfalto**, artigo IBP 60000, pp. 01-08, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 04- 06 Dezembro. 2000

REIS, Rafael M. M., BERNUCCI, Liedi B., ZANON, Anelise L. Revestimento Asfáltico Tipo SMA para Alto Desempenho em Vias de Tráfego Pesado. **Reunião de Pavimentação Urbana** – 11º RPU, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, 16-19 Julho. 2002.

REIS, R. M. M. SMA Asphalt Surface Course for High Performance on Heavy Traffic Roads. **3<sup>rd</sup> Euroasphalt & Eurobitumen Congress** – Paper 358, Vienna. 2004.

ROBERTS, F. L.; KANDHAL, P. S.; BROWN, E. R.; LEE, D. Y.; KENNEDY, T. W. **Hot mix asphalt materials, mixture design, and construction**. NAPA Education Foundation, Maryland, 1991.

RODRIGUES, R. M. **Modelos para Análise Mecânica de Estrutura de Pavimentos, Coc-832 - Tópicos Especiais em Mecânica dos Pavimentos**, COPPE/UFRJ, 1989.

RODRIGUES, R.M., **Notas de Aula do curso de pavimentação**. Parte III, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Divisão de Infra-estrutura Aeronáutica, S. José dos Campos, 1998.

SÁ, Maria F. P. **Estudo da Deformação Permanente de Misturas Betuminosas através de Ensaio Estáticos e Dinâmicos**. Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1996.

SANTOS, J. D. G. **Contribuição ao estudo dos solos lateríticos granulares como camada de pavimento**. Tese de D.Sc., COPPE/UFJ, Rio de Janeiro, 1998.

SEBAALY, P. E.; RIDOLFI, D.; GANGAVARAM, R.S.; EPPS, J. A. Selecting Most Desirable Hot-Mix Asphalt Mixture. In: **Transportation Research Record 1590**, TRB, National Research Council, Washington, DC, 1997, p. 99-107.

SILVA, P. D. E. A. **Contribuição para o Aperfeiçoamento do Emprego do Programa FEPAVE2 em Estudos e Projetos de Pavimentos Flexíveis**. Dissertação de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1995.

SOARES, J. B.; MOTTA, L. M. G.; PAIVA, J. P.; BRANCO, J. V. C. "Propriedades mecânicas de misturas asfálticas preparadas com vários ligantes e granulometrias." In: **15º Encontro do Asfalto**. Rio de Janeiro, 2000.

SOARES, J. B.; SOUZA, F. V. Verificação do Comportamento Viscoelástico Linear em Misturas asfálticas. In: **Anais do 16º Encontro de Asfalto**, artigo IBP 01402, Rio de Janeiro, Brasil, 03-05 Dezembro, 2002.

SOUZA, F. V.; SOARES, J. B. Considerações sobre Módulo Resiliente e Módulo Dinâmico em Misturas Asfálticas com Base na Teoria da Viscoelasticidade. **XII Congresso Ibero-Latino Americano Del Asfalto**. Quito, Equador. 2003.

SHERWOOD, P.T. **Alternative Materials in Road Construction**. London: Thomas Telford, 1995, 124p.

THE ASPHALT INSTITUTE, **Research and development of the Asphalt Institute's Thickness Design Manual (MSI) Ninth Edition**, Research Report n° 82-2, College Park, Maryland, Estados Unidos. Agosto de 1982.

USACE (2000), Hot-Mix Asphalt Paving. Handbook 2000. American Association of State Highway and Transportation Officials, Federal Aviation Administration, Federal Highway Administration, National Asphalt Pavement Association, US Army Corps of Engineers, American Public Works Association, National Association Of County Engineers. USA.

UZAN, J. **JULEA – Jacob Uzan Layered Elastic Analysis**. U.S.A. 1978.

VIANNA, A. A. D.; MOTTA, L. M. G.; DOMINGUES, R. G. Ensaio de Compressão Axial de CBUQ – Uma Nova Técnica de Medição das Deformações. A ser publicado In: **Anais do Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes – 17º ANPET**, 2003.

WITCZAK, M. W. e ROOT, R. E. Summary of complex modulus laboratory test procedures and results, **Fatigue and dynamic testing of bituminous mixtures**, ASTM STP 561, American society for Testing and Material, pp. 67-94, 1974.

ZHANG, J.; COOLEY JR, L. A.; KANDHAL, P. S. Comparison of Fundamental and Simulative Test Methods for Evaluating Permanent Deformation of Hot-Mix Asphalt. **Transportation Research Record – TRR 1789**, paper 02-3107, 2002, pp. 91-100.

ZHANG, J.; COOLEY, L. Allen; HURLEY, G.; PARKER, F. Effect of Superpave Defined Restricted Zone on Hot Mix Asphalt Performance. **83<sup>th</sup> Annual Meeting of the Transportation Research Board**, Washington, DC. 2004.



# **ANEXOS**

## **ENSAIO MARSHALL (DNER-ME 043/95)**

**MISTURA 01**

**MISTURA 02**

**MISTURA 03**

**MISTURA SMA 04**

**MISTURA SMA 05**

**MISTURA SMA 04-A**

**MISTURA SMA 05-A**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
LABORATÓRIO DE PAVIMENTOS

# ENSAIO MARSHALL

DNER ME 43/95

MISTURA 01

Dens. Real do Cimento Asfáltico 1,03  
Dens. Real da Mistura de Agregados 2,640

Data : FEVEREIRO/2006  
Constante da Prensa 1,865 kgf/divisão

Corpo de prova N°	% CA	altura (cm)	Peso em gramas		Volume cm3	Densidade		Volumens - % Total			Vazios (%)			ESTABILIDADE			Fluência mm
			ar (g)	água (g)		Aparente (t/m3)	Max.Teo. (t/m3)	Ligante	Agregado	vazios	Agregado	Rel. betume vazios	Total	LEIT.	CALC.	CORR.	
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
-	% peso da mistura		-	-	d-e	d/f	-	(b*g)/Dlig.	((100-b)*g)/Dag.	100-i-j	100-j	i/l	1-g/h	-	-	-	
1	4,50	6,55	1.195,28	674,46	520,8	2,295	2,466	10,027	83,020	7,0	17,0	59,0	6,9	301	561	546	2,55
2	4,50	6,56	1.190,80	670,94	519,9	2,291	2,466	10,008	82,861	7,1	17,1	58,4	7,1	292	545	529	1,95
3	4,50	6,53	1.195,96	674,41	521,6	2,293	2,466	10,018	82,951	7,0	17,0	58,8	7,0				
<b>MEDIA</b>	<b>4,50</b>	<b>6,55</b>	<b>1.194,01</b>	<b>673,27</b>	<b>520,74</b>	<b>2,293</b>	<b>2,466</b>	<b>10,018</b>	<b>82,944</b>	<b>7,0</b>	<b>17,1</b>	<b>58,7</b>	<b>7,0</b>	<b>297</b>	<b>553</b>	<b>538</b>	<b>2,25</b>
4	5,00	6,46	1.187,80	674,78	513,0	2,315	2,448	11,239	83,316	5,4	16,7	67,4	5,4	254	474	472	2,35
5	5,00	6,46	1.192,18	676,84	515,3	2,313	2,448	11,230	83,247	5,5	16,8	67,0	5,5	244	455	453	2,65
6	5,00	6,44	1.190,72	676,67	514,1	2,316	2,448	11,244	83,354	5,4	16,6	67,5	5,4				
<b>MEDIA</b>	<b>5,00</b>	<b>6,45</b>	<b>1.190,23</b>	<b>676,10</b>	<b>514,14</b>	<b>2,315</b>	<b>2,448</b>	<b>11,238</b>	<b>83,305</b>	<b>5,5</b>	<b>16,7</b>	<b>67,3</b>	<b>5,4</b>	<b>249</b>	<b>465</b>	<b>463</b>	<b>2,50</b>
7	5,50	6,43	1.188,25	677,71	510,5	2,327	2,431	12,428	83,312	4,3	16,7	74,5	4,3	232	433	435	2,95
8	5,50	6,47	1.188,59	677,85	510,7	2,327	2,431	12,427	83,303	4,3	16,7	74,4	4,3	228	425	422	3,15
9	5,50	6,43	1.188,62	678,04	510,6	2,328	2,431	12,431	83,331	4,2	16,7	74,6	4,2				
<b>MEDIA</b>	<b>5,50</b>	<b>6,44</b>	<b>1.188,49</b>	<b>677,87</b>	<b>510,62</b>	<b>2,328</b>	<b>2,431</b>	<b>12,429</b>	<b>83,315</b>	<b>4,3</b>	<b>16,7</b>	<b>74,5</b>	<b>4,3</b>	<b>230</b>	<b>429</b>	<b>429</b>	<b>3,05</b>
10	6,00	6,36	1.186,37	678,46	507,9	2,336	2,413	13,607	83,168	3,2	16,8	80,8	3,2	241	449	459	3,60
11	6,00	6,40	1.191,22	681,18	510,0	2,336	2,413	13,605	83,159	3,2	16,8	80,8	3,2	238	444	449	3,40
12	6,00	6,38	1.191,32	680,91	510,4	2,334	2,413	13,596	83,106	3,3	16,9	80,5	3,3				
<b>MEDIA</b>	<b>6,00</b>	<b>6,38</b>	<b>1.189,64</b>	<b>680,18</b>	<b>509,45</b>	<b>2,335</b>	<b>2,413</b>	<b>13,603</b>	<b>83,145</b>	<b>3,3</b>	<b>16,9</b>	<b>80,7</b>	<b>3,2</b>	<b>240</b>	<b>447</b>	<b>454</b>	<b>3,50</b>

## DENSIDADE MAXIMA TEORICA DA MISTURA BETUMINOSA

material % densidade	seixo 1	seixo 0	areia	filler(cimento)	DMA	TEOR DE LIGANTE				
						4,5	5	5,5	6	5,6
						DMT				
						2,466	2,448	2,431	2,413	2,427

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
LABORATÓRIO DE PAVIMENTOS

# ENSAIO MARSHALL

DNER ME 43/95

MISTURA 02

Dens. Real do Cimento Asfáltico 1,03  
Dens. Real da Mistura de Agregados 2,639

Data : FEVEREIRO/2006  
Constante da Prensa 1,865 kg/divisão

Corpo de prova N°	% CA	altura (cm)	Peso em gramas		Volume cm3	Densidade		Volumens - % Total			Vazios (%)			ESTABILIDADE			Fluência mm
			ar (g)	água (g)		Aparente (t/m3)	Max.Teo. (t/m3)	Ligante	Agregado	vazios	Agregado	Rel. betume vazios (%)	Total	LEIT.	CALC.	CORR.	
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
-	% peso da mistura		-	-	d-e	d/f	-	(b*g)/Dlig.	((100-b)*g)/Dag.	100-i-j	100-j	i/l	1-g/h	-	-	-	
1	4,50	6,53	1.186,82	675,84	511,0	2,323	2,465	10,147	84,051	5,8	15,9	63,6	5,8	262	489	479	2,20
2	4,50	6,59	1.186,91	675,79	511,1	2,322	2,465	10,145	84,035	5,8	16,0	63,5	5,8	259	483	466	1,95
3	4,50	6,55	1.190,12	678,61	511,5	2,327	2,465	10,165	84,198	5,6	15,8	64,3	5,6				
MEDIA	4,50	6,56	1.187,95	676,75	511,20	2,324	2,465	10,153	84,095	5,8	15,9	63,8	5,7	261	486	472	2,08
4	5,00	6,56	1.189,35	679,27	510,1	2,332	2,448	11,319	83,937	4,7	16,1	70,5	4,8	220	410	398	2,05
5	5,00	6,50	1.190,60	679,95	510,7	2,332	2,448	11,318	83,932	4,8	16,1	70,4	4,8	219	408	402	2,35
6	5,00	6,49	1.190,14	679,41	510,7	2,330	2,448	11,312	83,886	4,8	16,1	70,2	4,8				
MEDIA	5,00	6,52	1.190,03	679,54	510,49	2,331	2,448	11,316	83,919	4,8	16,1	70,4	4,8	220	409	400	2,20
7	5,50	6,45	1.195,18	688,21	507,0	2,357	2,430	12,589	84,420	3,0	15,6	80,8	3,0	249	464	463	2,85
8	5,50	6,49	1.190,05	685,48	504,6	2,359	2,430	12,594	84,457	2,9	15,5	81,0	2,9	235	438	433	2,95
9	5,50	6,50	1.189,10	683,75	505,4	2,353	2,430	12,565	84,259	3,2	15,7	79,8	3,2				
MEDIA	5,50	6,48	1.191,44	685,81	505,63	2,356	2,430	12,582	84,379	3,0	15,6	80,5	3,0	242	451	448	2,90
10	6,00	6,43	1.189,81	690,31	499,5	2,382	2,413	13,876	84,846	1,3	15,2	91,6	1,3	238	444	446	3,30
11	6,00	6,41	1.191,87	692,73	499,1	2,388	2,413	13,910	85,054	1,0	14,9	93,1	1,0	232	433	437	3,55
12	6,00	6,39	1.186,78	688,99	497,8	2,384	2,413	13,888	84,920	1,2	15,1	92,1	1,2				
MEDIA	6,00	6,41	1.189,49	690,68	498,81	2,385	2,413	13,891	84,940	1,2	15,1	92,2	1,2	235	439	441	3,43

## DENSIDADE MAXIMA TEORICA DA MISTURA BETUMINOSA

material % densidade	seixo 1	seixo 0	areia	filler(cimento)	DMA	TEOR DE LIGANTE			
						4,5	5	5,5	6
	22	32	43,5	2,5	100				5,2
						DMT			
	2,643	2,643	2,620	2,900	2,639	2,448	2,430	2,413	2,441

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
LABORATÓRIO DE PAVIMENTOS

# ENSAIO MARSHALL

DNER ME 43/95

MISTURA 03

Dens. Real do Cimento Asfáltico 1,03  
Dens. Real da Mistura de Agregados 2,641

Data : FEVEREIRO/2006  
Constante da Prensa 1,865 kgf/divisão

Corpo de prova N°	% CA	altura (cm)	Peso em gramas		Volume cm3	Densidade		Volumens - % Total			Vazios (%)			ESTABILIDADE			Fluência mm
			ar (g)	água (g)		Aparente (kg/m3)	Max.Teo. (kg/m3)	Ligante	Agregado	vazios	Agregado	Rel. betume vazios (%)	Total	LEIT.	CALC.	CORR.	
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
-	% peso da mistura		-	-	d-e	d/f	-	(b*g)/Dlig.	[(100-b)*g]/Dag.	100-i-j	100-j	i/l	1-g/h	-	-	-	
1	4,50	6,57	1.193,15	673,84	519,3	2,298	2,467	10,038	83,081	6,9	16,9	59,3	6,9	268	500	485	2,30
2	4,50	6,55	1.189,41	671,80	517,6	2,298	2,467	10,039	83,093	6,9	16,9	59,4	6,9	261	487	474	2,05
3	4,50	6,57	1.193,19	675,18	518,0	2,303	2,467	10,063	83,293	6,6	16,7	60,2	6,6				
<b>MEDIA</b>	<b>4,50</b>	<b>6,56</b>	<b>1.191,92</b>	<b>673,61</b>	<b>518,31</b>	<b>2,300</b>	<b>2,467</b>	<b>10,047</b>	<b>83,156</b>	<b>6,8</b>	<b>16,8</b>	<b>59,6</b>	<b>6,8</b>	<b>265</b>	<b>494</b>	<b>479</b>	<b>2,18</b>
4	5,00	6,47	1.196,12	681,57	514,6	2,325	2,450	11,284	83,619	5,1	16,4	68,9	5,1	292	545	542	2,85
5	5,00	6,46	1.194,19	677,95	516,2	2,313	2,450	11,229	83,210	5,6	16,8	66,9	5,6	298	556	554	3,10
6	5,00	6,51	1.192,92	678,71	514,2	2,320	2,450	11,262	83,450	5,3	16,6	68,0	5,3				
<b>MEDIA</b>	<b>5,00</b>	<b>6,48</b>	<b>1.194,41</b>	<b>679,41</b>	<b>515,00</b>	<b>2,319</b>	<b>2,450</b>	<b>11,258</b>	<b>83,426</b>	<b>5,3</b>	<b>16,6</b>	<b>67,9</b>	<b>5,3</b>	<b>295</b>	<b>551</b>	<b>548</b>	<b>2,98</b>
7	5,50	6,44	1.193,86	683,31	510,6	2,338	2,432	12,486	83,672	3,8	16,3	76,5	3,8	280	522	523	4,00
8	5,50	6,50	1.192,98	681,51	511,5	2,332	2,432	12,455	83,460	4,1	16,5	75,3	4,1	268	500	493	3,80
9	5,50	6,42	1.194,81	685,01	509,8	2,344	2,432	12,515	83,861	3,6	16,1	77,5	3,6				
<b>MEDIA</b>	<b>5,50</b>	<b>6,45</b>	<b>1.193,88</b>	<b>683,28</b>	<b>510,61</b>	<b>2,338</b>	<b>2,432</b>	<b>12,485</b>	<b>83,664</b>	<b>3,9</b>	<b>16,3</b>	<b>76,4</b>	<b>3,9</b>	<b>274</b>	<b>511</b>	<b>508</b>	<b>3,90</b>
10	6,00	6,42	1.193,08	683,86	509,2	2,343	2,415	13,648	83,392	3,0	16,6	82,2	3,0	285	532	535	3,85
11	6,00	6,36	1.193,33	686,49	506,8	2,354	2,415	13,715	83,801	2,5	16,2	84,7	2,5	295	550	562	4,65
12	6,00	6,37	1.192,82	685,91	506,9	2,353	2,415	13,707	83,754	2,5	16,2	84,4	2,6				
<b>MEDIA</b>	<b>6,00</b>	<b>6,38</b>	<b>1.193,08</b>	<b>685,42</b>	<b>507,66</b>	<b>2,350</b>	<b>2,415</b>	<b>13,690</b>	<b>83,649</b>	<b>2,7</b>	<b>16,4</b>	<b>83,7</b>	<b>2,7</b>	<b>290</b>	<b>541</b>	<b>549</b>	<b>4,25</b>

## DENSIDADE MÁXIMA TEÓRICA DA MISTURA BETUMINOSA

material %	seixo 1	seixo 0	areia	filler(cimento)	DMA	TEOR DE LIGANTE				
						4,5	5	5,5	6	5,4
	24	29	43,5	3,5	100	DMT				
densidade	2,643	2,643	2,620	2,900	2,641	2,467	2,450	2,432	2,415	2,435

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA & RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL  
LABORATÓRIO DE ENGENHARIA DE PAVIMENTOS  
**ENSAIO MARSHALL**

DNER ME 43/95

MISTURA 04

Dens. Real do Cimento Asfáltico 1,03  
Dens. Real da Mistura de Agregados 2,654  
Densidade Aparente da Fita Adesiva 0,96  
Densidade Aparente da Parafina 0,875

Data : OUTUBRO/2006  
Constante da Prensa 1,865 kgf/divisão

Corpo de prova Nº	% CA	altura (cm)	Peso em gramas					Volume cm3	Densidade		Volumens - % Total			Vazios (%)			ESTABILIDADE			F	
			ar (g)	CP+FITA+PAR AFINA IMERSO (P4)	cp+fita (P1)	FITA (P2)	cp+fita+par afina (P3)		Aparente (kg/m3)	Max.Teo. (kg/m3)	Ligante	Agregado	vazios	Agregado	Rel. betume vazios (%)	Total	LEIT.	CALC.	CORR.		mm
-	% peso da mistura		-	-				d/f	-	(b*g)/Dlig.	100-b)*g)/Dag	100-i-j	100-j	i/l	1-g/h	-	-	-			
1	6,00	6,53	1.172,49	643,64	1.175,78	3,29	1.209,64	523,9	2,238	2,425	13,038	79,270	7,7	20,7	62,9	7,7	330	615	602	2,80	
2	6,00	6,59	1.163,33	637,12	1.167,91	4,58	1.205,74	520,6	2,235	2,425	13,017	79,143	7,8	20,9	62,4	7,9	326	608	586	1,80	
3	6,00	6,55	1.164,69	639,28	1.167,79	3,10	1.202,70	520,3	2,239	2,425	13,040	79,285	7,7	20,7	62,9	7,7					
25	6,00	6,54	1.186,60	649,05	1.199,76	13,16	1.236,50	531,8	2,231	2,425	12,999	79,035	8,0	21,0	62,0	8,0					
MÉDIA	6,00	6,55	1.171,78	642,27	1.177,81	6,03	1.213,65	524,1	2,236	2,425	13,023	79,183	7,8	20,8	62,6	7,8	328	612	594	2,30	
6	6,50	6,49	1.166,31	653,84	1.169,27	2,96	1.201,32	507,8	2,297	2,408	14,495	80,921	4,6	19,1	76,0	4,6	328	612	605	2,30	
7	6,50	6,45	1.174,60	658,49	1.178,07	3,47	1.207,84	511,7	2,295	2,408	14,486	80,868	4,6	19,1	75,7	4,7					
8	6,50	6,49	1.179,13	660,12	1.182,61	3,48	1.213,72	514,4	2,292	2,408	14,465	80,752	4,8	19,2	75,2	4,8					
26	6,50	6,49	1.190,26	665,34	1.199,99	9,73	1.237,35	519,2	2,293	2,408	14,468	80,768	4,8	19,2	75,2	4,8	331	617	610	2,20	
MÉDIA	6,50	6,48	1.177,58	659,45	1.182,49	4,91	1.215,06	513,3	2,294	2,408	14,478	80,827	4,7	19,2	75,5	4,7	330	615	608	2,25	
9	7,00	6,50	1.182,24	665,87	1.185,45	3,21	1.219,65	511,4	2,312	2,391	15,713	81,016	3,3	19,0	82,8	3,3					
10	7,00	6,43	1.167,70	657,45	1.171,24	3,54	1.203,38	505,5	2,310	2,391	15,699	80,944	3,4	19,1	82,4	3,4	319	595	597	2,60	
12	7,00	6,39	1.181,36	665,15	1.185,09	3,73	1.210,15	512,5	2,305	2,391	15,666	80,778	3,6	19,2	81,5	3,6					
27	7,00	6,37	1.202,33	672,13	1.216,11	13,78	1.270,93	521,8	2,304	2,391	15,660	80,743	3,6	19,3	81,3	3,6	310	578	590	2,60	
MÉDIA	7,00	6,42	1.183,41	665,15	1.189,47	6,07	1.226,03	512,8	2,308	2,391	15,684	80,870	3,4	19,1	82,0	3,5	315	587	594	2,60	

DENSIDADE MÁXIMA TEÓRICA DA MISTURA BETUMINOSA

material	seixo 1	seixo 0	areia	filler(cimento)	DMA	TEOR DE LIGANTE			
						6	7	6,8	
%	0	77	16,5	6,5	100	DMT			
densidade	2,643	2,643	2,62	2,9	2,654	2,425	2,408	2,391	2,397

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA & RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL  
LABORATÓRIO DE ENGENHARIA DE PAVIMENTOS  
**ENSAIO MARSHALL**

DNER ME 43/95

MISTURA 05

Dens. Real do Cimento Asfáltico 1,03  
Dens. Real da Mistura de Agregados 2,655  
Densidade Aparente da Fita Adesiva 0,96  
Densidade Aparente da Parafina 0,875

Data : OUTUBRO/2006  
Constante da Prensa 1,865 kg/divisão

Corpo de prova Nº	% CA	altura (cm)	Peso em gramas					Volume cm3	Densidade		Volumes - % Total			Vazios (%)			ESTABILIDADE			F mm
			ar (g)	CP+FITA+PARAFINA IMERSO (P4)	cp+fita (P1)	FITA (P2)	cp+fita+parafina (P3)		Aparente (kg/m3)	Max. Teo. (kg/m3)	Ligante	Agregado	vazios	Agregado	Rel. betume vazios (%)	Total	LEIT.	CALC.	CORR.	
a	b	c	d	e			f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	
-	% peso da mistura	-	-	-	-	-	-	d/f	-	(b'g)/Dlig.	100-b'g)/Da	100-i-j	100-j	i/l	1-g/h	-	-	-	-	
13	6,00	6,53	1.187,15	657,48	1.190,11	2,96	1.213,01	526,3	2,256	2,426	13,140	79,850	7,0	20,2	65,2	7,0	280	522	511	2,00
14	6,00	6,59	1.178,37	648,36	1.182,53	4,16	1.204,13	526,8	2,237	2,426	13,031	79,188	7,8	20,8	62,6	7,8	288	537	518	1,70
15	6,00	6,55	1.174,98	648,70	1.178,35	3,37	1.203,04	522,6	2,248	2,426	13,097	79,585	7,3	20,4	64,2	7,3				
16	6,00	6,56	1.178,85	648,91	1.182,73	3,88	1.215,64	525,1	2,245	2,426	13,078	79,473	7,4	20,5	63,7	7,4				
MÉDIA	6,00	6,56	1.179,84	650,86	1.183,43	3,59	1.208,96	525,2	2,25	2,43	13,09	79,52	7,4	20,48	63,92	7,4	284	530	515	1,85
17	6,50	6,50	1.177,76	648,30	1.181,75	3,99	1.218,52	524,0	2,247	2,408	14,183	79,133	6,7	20,9	68,0	6,7	250	466	460	2,10
18	6,50	6,49	1.174,22	647,39	1.178,48	4,26	1.207,56	522,5	2,247	2,408	14,182	79,128	6,7	20,9	67,9	6,7	268	500	494	0,60
19	6,50	6,45	1.182,46	653,59	1.186,40	3,94	1.215,83	524,5	2,254	2,408	14,227	79,379	6,4	20,6	69,0	6,4				
28	6,50	6,39	1.184,58	650,81	1.194,48	9,90	1.244,18	526,3	2,251	2,408	14,205	79,256	6,5	20,7	68,5	6,5				
MÉDIA	6,50	6,46	1.179,76	650,02	1.185,28	5,52	1.221,52	524,3	2,250	2,408	14,199	79,224	6,6	20,78	68,35	6,6	259	483	477	1,35
22	7,00	6,43	1.174,08	648,73	1.178,19	4,11	1.208,53	520,8	2,254	2,391	15,320	78,945	5,7	21,1	72,8	5,7	266	496	498	2,50
23	7,00	6,41	1.173,58	648,36	1.177,69	4,11	1.206,71	520,9	2,253	2,391	15,311	78,903	5,8	21,1	72,6	5,8				
24	7,00	6,39	1.171,70	648,43	1.175,63	3,93	1.198,79	519,8	2,254	2,391	15,319	78,944	5,7	21,1	72,8	5,7				
29	7,00	6,35	1.185,11	650,98	1.195,94	10,83	1.251,35	525,8	2,254	2,391	15,319	78,942	5,7	21,1	72,7	5,7	255	476	488	2,60
MÉDIA	7,00	6,39	1.176,12	649,13	1.181,86	5,75	1.216,35	521,8	2,254	2,391	15,317	78,933	5,7	21,1	72,7	5,7	261	486	493	2,55
30	8,00	6,61	1.187,48	654,59	1.195,93	8,45	1.230,32	527,6	2,251	2,358	17,480	77,973	4,5	22,0	79,4	4,5				
31	8,00	6,61	1.182,01	651,62	1.196,39	14,38	1.228,02	525,3	2,250	2,358	17,478	77,961	4,6	22,0	79,3	4,6	241	449	431	4,00
32	8,00	6,46	1.181,41	650,11	1.195,09	13,68	1.231,83	525,5	2,248	2,358	17,462	77,891	4,6	22,1	79,0	4,6	235	438	437	3,80
33	8,00	6,35	1.175,45	646,09	1.184,80	9,35	1.224,55	523,3	2,246	2,358	17,447	77,822	4,7	22,2	78,7	4,7				
MÉDIA	8,00	6,51	1.181,59	650,60	1.193,05	11,47	1.228,68	525,4	2,249	2,358	17,467	77,912	4,6	22,1	79,1	4,6	238	444	434	3,90
34	8,50	6,50	1.194,57	659,82	1.204,45	9,88	1.245,02	528,5	2,260	2,341	18,651	77,877	3,5	22,1	84,3	3,5				
35	8,50	6,39	1.168,46	645,57	1.176,97	8,51	1.220,82	516,3	2,263	2,341	18,677	77,985	3,3	22,0	84,8	3,3	220	410	416	3,60
36	8,50	6,36	1.175,60	649,69	1.182,85	7,25	1.224,85	519,6	2,262	2,341	18,671	77,958	3,4	22,0	84,7	3,4	218	407	416	4,45
37	8,50	6,45	1.184,05	653,41	1.192,08	8,03	1.239,81	523,5	2,262	2,341	18,666	77,936	3,4	22,1	84,6	3,4				
MÉDIA	8,50	6,42	1.180,67	652,12	1.189,09	8,42	1.232,63	522,0	2,262	2,341	18,666	77,939	3,4	22,1	84,6	3,4	219	408	416	4,03

DENSIDADE MÁXIMA TEÓRICA DA MISTURA BETUMINOSA

material	seixo 1	seixo 0	areia	filler(cimento)	DMA	TEOR DE LIGANTE						
						6	6,5	7	7,5	8	8,5	8,25
%	14,5	67	12	6,5	100							
densidade	2,643	2,643	2,62	2,9	2,655							
						DMT						
						2,426	2,408	2,391	2,374	2,358	2,341	2,349

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA & RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL  
LABORATÓRIO DE ENGENHARIA DE PAVIMENTOS  
**ENSAIO MARSHALL**

DNER ME 43/95

MISTURA 4A

Dens. Real do Cimento Asfáltico 1,03  
Dens. Real da Mistura de Agregados 2,654  
DensidadeAparente da Fita Adesiva 0,96  
Densidade Aparente da Parafina 0,875

Data : Janeiro de 2007  
Constante da Prensa 1,865 kg/divisão

Corpo de prova Nº	% CA	altura (cm)	Peso em gramas					Volume cm3	Densidade		Volumens - % Total			Vazios (%)			ESTABILIDADE			F mm
			ar (g)	CP+FITA+PARAFINA MERSO (P4)	cp+fita (P1)	FITA (P2)	cp+fita+parafina (P3)		Aparente (kg/m3)	Max.Teo. (kg/m3)	Ligante	Agregado	vazios	Agregado	Rel. betume vazios (%)	Total	LEIT.	CALC.	CORR.	
a	b	c	d	e			f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	
-	% peso da mistura	-	-	-	-	-	-	d/f	-	(b*g)/Dlig.	(100-b)*g/Dag	100-i-j	100-j	i/l	1-g/h	-	-	-	-	
114	6,00	6,51	1.191,10	657,20	1.194,40	3,30	1.218,20	530,4	2,246	2,425	13,082	79,530	7,4	20,5	63,9	7,4	308	574	565	4,15
115	6,00	6,45	1.191,30	658,00	1.194,80	3,50	1.214,10	530,4	2,246	2,425	13,084	79,538	7,4	20,5	63,9	7,4	290	541	540	3,30
116	6,00	6,49	1.192,00	657,00	1.194,90	2,90	1.221,10	531,1	2,244	2,425	13,073	79,474	7,5	20,5	63,7	7,5				
117	6,00	6,47	1.191,80	657,30	1.195,60	3,80	1.221,10	530,7	2,246	2,425	13,082	79,526	7,4	20,5	63,9	7,4				
<b>MÉDIA</b>	<b>6,00</b>	<b>6,48</b>	<b>1.191,55</b>	<b>657,38</b>	<b>1.194,93</b>	<b>3,38</b>	<b>1.218,63</b>	<b>530,6</b>	<b>2,245</b>	<b>2,425</b>	<b>13,08</b>	<b>79,52</b>	<b>7,4</b>	<b>20,5</b>	<b>63,9</b>	<b>7,4</b>	<b>299</b>	<b>558</b>	<b>553</b>	<b>3,73</b>
118	6,50	6,45	1.184,80	656,00	1.189,00	4,20	1.215,10	524,9	2,257	2,408	14,245	79,508	6,2	20,5	69,5	6,3	285	532	531	3,25
119	6,50	6,48	1.187,70	657,80	1.190,70	3,00	1.217,80	525,9	2,258	2,408	14,252	79,550	6,2	20,5	69,7	6,2	272	507	503	2,70
120	6,50	6,44	1.188,40	658,90	1.191,20	2,80	1.215,10	526,0	2,259	2,408	14,259	79,587	6,2	20,4	69,8	6,2				
121	6,50	6,54	1.195,00	662,50	1.199,10	4,10	1.222,20	529,0	2,259	2,408	14,255	79,566	6,2	20,4	69,8	6,2				
<b>MÉDIA</b>	<b>6,50</b>	<b>6,48</b>	<b>1.188,98</b>	<b>658,80</b>	<b>1.192,50</b>	<b>3,52</b>	<b>1.217,55</b>	<b>526,4</b>	<b>2,258</b>	<b>2,408</b>	<b>14,253</b>	<b>79,552</b>	<b>6,2</b>	<b>20,4</b>	<b>69,7</b>	<b>6,2</b>	<b>279</b>	<b>519</b>	<b>517</b>	<b>2,98</b>
122	7,00	6,55	1.183,40	665,90	1.187,70	4,30	1.211,20	514,0	2,302	2,391	15,648	80,669	3,7	19,3	80,9	3,7	245	457	445	2,65
123	7,00	6,51	1.189,90	669,60	1.194,30	4,40	1.217,90	516,7	2,303	2,391	15,649	80,676	3,7	19,3	81,0	3,7	240	448	440	2,40
124	7,00	6,53	1.185,80	667,40	1.191,00	5,20	1.216,10	514,6	2,304	2,391	15,660	80,733	3,6	19,3	81,3	3,6				
125	7,00	6,38	1.182,60	665,30	1.186,20	3,60	1.208,40	514,0	2,301	2,391	15,637	80,612	3,8	19,4	80,7	3,8				
<b>MÉDIA</b>	<b>7,00</b>	<b>6,49</b>	<b>1.185,43</b>	<b>667,05</b>	<b>1.189,80</b>	<b>4,38</b>	<b>1.213,40</b>	<b>514,8</b>	<b>2,303</b>	<b>2,391</b>	<b>15,649</b>	<b>80,673</b>	<b>3,7</b>	<b>19,3</b>	<b>81,0</b>	<b>3,7</b>	<b>243</b>	<b>452</b>	<b>443</b>	<b>2,53</b>
126	7,50	6,47	1.180,10	663,80	1.185,20	5,10	1.219,70	511,2	2,309	2,374	16,811	80,451	2,7	19,5	86,0	2,8	225	420	417	2,80
127	7,50	6,41	1.183,50	667,80	1.187,50	4,00	1.212,70	511,9	2,312	2,374	16,834	80,561	2,6	19,4	86,6	2,6	215	401	405	2,10
128	7,50	6,37	1.186,00	669,60	1.191,20	5,20	1.215,50	512,7	2,313	2,374	16,844	80,608	2,5	19,4	86,9	2,6				
129	7,50	6,38	1.188,10	669,90	1.192,60	4,50	1.216,70	514,6	2,309	2,374	16,813	80,459	2,7	19,5	86,0	2,7				
<b>MÉDIA</b>	<b>7,50</b>	<b>6,41</b>	<b>1.184,43</b>	<b>667,78</b>	<b>1.189,13</b>	<b>4,70</b>	<b>1.216,15</b>	<b>512,6</b>	<b>2,311</b>	<b>2,374</b>	<b>16,825</b>	<b>80,520</b>	<b>2,7</b>	<b>19,5</b>	<b>86,4</b>	<b>2,7</b>	<b>220</b>	<b>410</b>	<b>411</b>	<b>2,45</b>

DENSIDADE MÁXIMA TEÓRICA DA MISTURA BETUMINOSA

material	seixo 1	seixo 0	areia	filler(cimento)	DMA	TEOR DE LIGANTE				
						6	6,5	7	7,5	6,9
%	0	77	16,5	6,5	100	DMT				
densidade	2,643	2,643	2,620	2,900	2,654	2,425	2,408	2,391	2,374	2,394



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA & RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL  
LABORATÓRIO DE ENGENHARIA DE PAVIMENTOS  
**ENSAIO MARSHALL**

DNER ME 43/95

MISTURA 5A

Dens. Real do Cimento Asfáltico 1,03  
Dens. Real da Mistura de Agregados 2,655  
Densidade Aparente da Fita Adesiva 0,96  
Densidade Aparente da Parafina 0,875

Data : Janeiro de 2007  
Constante da Prensa 1,865 kgf/divisão

Corpo Nº	% CA	altura (cm)	Peso em gramas				Volume cm3	Densidade		Volumens - % Total			Vazios (%)			ESTABILIDADE			F mm	
			ar (g)	CP-FITA-PARAFINA IMERSO (P4)	cp+fita (P1)	FITA (P2)		cp+fita+parafina (P3)	Aparente (kg/m3)	Max.Teo. (kg/m3)	Ligante	Agregado	vazios	Agregado	Rel. betume vazios (%)	Total	LEIT.	CALC.		CORR.
a	b	c	d	e			f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	
%		%		%		%		d/f	-	(b*g)/Dlig.	(100-b*g)/Dag	100-i-j	100-j	i/l	1-g/h	-	-	-	-	
138	7,00	6,61	1.181,00	646,70	1.185,50	4,50	1.213,30	530,1	2,228	2,391	15,140	78,018	6,8	22,0	68,9	6,8	220	410	394	4,50
139	7,00	6,53	1.177,20	644,40	1.180,80	3,60	1.213,50	528,0	2,230	2,391	15,153	78,086	6,8	21,9	69,1	6,7	245	457	447	3,90
140	7,00	6,52	1.177,10	644,30	1.180,50	3,40	1.220,20	527,0	2,234	2,391	15,180	78,226	6,6	21,8	69,7	6,6				
141	7,00	6,51	1.183,10	648,30	1.186,40	3,30	1.213,70	530,8	2,229	2,391	15,149	78,065	6,8	21,9	69,1	6,8				
MÉDIA	7,00	6,54	1.179,60	645,93	1.183,30	3,70	1.215,18	529,0	2,230	2,391	15,16	78,10	6,7	21,9	69,2	6,7	233	434	420	4,20
142	7,50	6,42	1.182,20	654,30	1.185,30	3,10	1.221,80	522,6	2,262	2,374	16,473	78,805	4,7	21,2	77,7	4,7	242	451	454	3,95
143	7,50	6,48	1.178,00	653,20	1.181,60	3,60	1.213,20	520,1	2,265	2,374	16,491	78,890	4,6	21,1	78,1	4,6	230	429	425	4,55
144	7,50	6,48	1.185,50	657,20	1.188,50	3,00	1.217,00	524,1	2,262	2,374	16,471	78,792	4,7	21,2	77,7	4,7				
145	7,50	6,41	1.176,10	652,70	1.180,00	3,90	1.205,00	519,7	2,263	2,374	16,479	78,834	4,7	21,2	77,9	4,7				
MÉDIA	7,50	6,45	1.180,45	654,35	1.183,85	3,40	1.214,25	521,6	2,263	2,374	16,479	78,830	4,7	21,2	77,8	4,7	236	440	440	4,25
146	8,00	6,48	1.187,90	660,20	1.191,30	3,40	1.218,00	523,7	2,268	2,358	17,616	78,578	3,8	21,4	82,2	3,8	190	354	351	5,70
147	8,00	6,48	1.177,50	654,10	1.181,50	4,00	1.211,30	519,0	2,269	2,358	17,622	78,606	3,8	21,4	82,4	3,8	180	336	333	4,30
148	8,00	6,54	1.175,40	652,80	1.179,60	4,20	1.208,80	518,3	2,268	2,358	17,616	78,575	3,8	21,4	82,2	3,8				
149	8,00	6,58	1.183,70	657,20	1.187,00	3,30	1.215,80	522,2	2,267	2,358	17,604	78,525	3,9	21,5	82,0	3,9				
MÉDIA	8,00	6,52	1.181,13	656,08	1.184,85	3,72	1.213,48	520,8	2,268	2,358	17,615	78,571	3,8	21,4	82,2	3,8	185	345	342	5,00
150	8,50	6,50	1.187,20	659,80	1.191,00	3,80	1.222,30	522,8	2,271	2,341	18,741	78,251	3,0	21,7	86,2	3,0	210	392	386	4,80
151	8,50	6,52	1.182,80	656,70	1.186,00	3,20	1.217,60	521,5	2,268	2,341	18,719	78,158	3,1	21,8	85,7	3,1	220	410	403	4,20
152	8,50	6,54	1.184,00	658,50	1.187,80	3,80	1.216,10	521,3	2,271	2,341	18,743	78,260	3,0	21,7	86,2	3,0				
153	8,50	6,49	1.185,60	659,20	1.189,30	3,70	1.220,00	521,9	2,272	2,341	18,748	78,281	3,0	21,7	86,3	3,0				
MÉDIA	8,50	6,51	1.184,90	658,55	1.188,53	3,63	1.219,00	521,8	2,271	2,341	18,738	78,237	3,0	21,8	86,1	3,0	215	401	394	4,50

DENSIDADE MÁXIMA TEÓRICA DA MISTURA BETUMINOSA

material	seixo 1	seixo 0	areia	filler(cimento)	DMA	TEOR DE LIGANTE				
						7	7,5	8	8,5	7,8
%	14,5	67	12	6,5	100	DMT				
densidade	2,643	2,643	2,620	2,900	2,655	2,391	2,374	2,358	2,341	2,364

# **MOLDAGEM CORPOS DE PROVA PARA ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA**

**MISTURA 01**

**MISTURA 02**

**MISTURA 03**

**MISTURA SMA 04**

**MISTURA SMA 05**

**MISTURA SMA 04-A**

**MISTURA SMA 05-A**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADEMICA DE ENGENHARIA CIVIL  
LABORATÓRIO DE PAVIMENTOS

Ensaio de Modulo, Fadiga, Creep e Tração

**Moldagem dos Corpos-de-Prova**

Data : FEVEREIRO/2006

Dens. Real do Cimento Asfáltico  
Dens. Real da Mistura de Agregados

1,03  
2,640

Serviço : REVESTIMENTO ASFÁLTICO Filer Cimento  
Faixa D.N.E.R (C) **MISTURA 01**

Corpo de prova	% CA	Diâmetro (cm)	altura (cm)	Peso em gramas		Volume cm <sup>3</sup>	Densidade		Volumes - % Total			Vazios (%)		
				ar (g)	água (g)		Aparente (kg/m <sup>3</sup> )	Max.Teo. (kg/m <sup>3</sup> )	Ligante	Agregado	vazios	Agregado	Rel. betume vazios	Total
Nº	b	φ	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n
-				-	-	e-f	d/f	-	(b*g)/Dlig.	100-b)*g)/Da	100-i-j	100-j	i/l	1-g/h
1	5,60	10,17	6,35	1.196,15	685,62	510,53	2,343	2,427	12,738	83,78	3,5	16,2	78,5	3,5
2	5,60	10,17	6,38	1.193,99	683,95	510,04	2,341	2,427	12,728	83,71	3,6	16,3	78,1	3,5
3	5,60	10,17	6,36	1.189,17	680,87	508,30	2,340	2,427	12,720	83,65	3,6	16,3	77,8	3,6
4	5,60	10,14	6,38	1.192,68	683,53	509,15	2,342	2,427	12,736	83,76	3,5	16,2	78,4	3,5
5	5,60	10,15	6,32	1.195,01	685,02	509,99	2,343	2,427	12,740	83,79	3,5	16,2	78,6	3,5
6	5,60	10,18	6,32	1.194,80	684,05	510,75	2,339	2,427	12,719	83,65	3,6	16,4	77,8	3,6
7	5,60	10,17	6,35	1.191,95	682,29	509,66	2,339	2,427	12,715	83,63	3,7	16,4	77,7	3,6
8	5,60	10,16	6,43	1.195,42	685,03	510,39	2,342	2,427	12,734	83,75	3,5	16,2	78,4	3,5
9	5,60	10,17	6,38	1.196,92	685,21	511,71	2,339	2,427	12,717	83,64	3,6	16,4	77,7	3,6
10	5,60	10,19	6,31	1.195,09	684,22	510,87	2,339	2,427	12,719	83,65	3,6	16,4	77,8	3,6
11	5,60	10,18	6,28	1.195,50	684,27	511,23	2,338	2,427	12,714	83,62	3,7	16,4	77,6	3,6
12	5,60	10,16	6,35	1.192,13	682,87	509,26	2,341	2,427	12,727	83,71	3,6	16,3	78,1	3,5
13	5,60	10,16	6,36	1.192,95	683,94	509,01	2,344	2,427	12,742	83,80	3,5	16,2	78,7	3,4
14	5,60	10,17	6,33	1.192,20	682,63	509,57	2,340	2,427	12,720	83,66	3,6	16,3	77,8	3,6
15	5,60	10,16	6,40	1.190,73	681,66	509,07	2,339	2,427	12,717	83,64	3,6	16,4	77,7	3,6
16	5,60	10,18	6,36	1.194,84	683,97	510,87	2,339	2,427	12,716	83,63	3,7	16,4	77,7	3,6
17	5,60	10,18	6,36	1.193,30	683,37	509,93	2,340	2,427	12,723	83,68	3,6	16,3	77,9	3,6
18	5,60	10,18	6,39	1.194,82	683,65	511,17	2,337	2,427	12,708	83,58	3,7	16,4	77,4	3,7
19	5,60	10,18	6,34	1.193,72	684,87	508,85	2,346	2,427	12,755	83,88	3,4	16,1	79,1	3,3
20	5,60	10,16	6,41	1.196,30	685,03	511,27	2,340	2,427	12,722	83,67	3,6	16,3	77,9	3,6
21	5,60	10,15	6,43	1.196,34	685,46	510,88	2,342	2,427	12,732	83,73	3,5	16,3	78,3	3,5
22	5,60	10,21	6,30	1.194,68	684,01	510,67	2,339	2,427	12,719	83,65	3,6	16,3	77,8	3,6
23	5,60	10,15	6,42	1.196,54	685,18	511,36	2,340	2,427	12,722	83,67	3,6	16,3	77,9	3,6
24	5,60	10,17	6,34	1.193,96	683,52	510,44	2,339	2,427	12,717	83,64	3,6	16,4	77,7	3,6
25	5,60	10,16	6,38	1.193,03	683,94	509,09	2,343	2,427	12,741	83,80	3,5	16,2	78,6	3,4
26	5,60	10,16	6,34	1.193,66	684,31	509,35	2,343	2,427	12,741	83,80	3,5	16,2	78,6	3,4
27	5,60	10,16	6,41	1.197,15	685,75	511,40	2,341	2,427	12,727	83,71	3,6	16,3	78,1	3,5
28	5,60	10,17	6,32	1.188,97	680,82	508,15	2,340	2,427	12,721	83,67	3,6	16,3	77,9	3,6
29	5,60	10,18	6,37	1.193,01	683,11	509,90	2,340	2,427	12,721	83,66	3,6	16,3	77,9	3,6
30	5,60	10,18	6,38	1.194,49	683,92	510,57	2,340	2,427	12,720	83,66	3,6	16,3	77,8	3,6
31	5,60	10,14	6,36	1.194,20	684,07	510,13	2,341	2,427	12,728	83,71	3,6	16,3	78,1	3,5
32	5,60	10,16	6,43	1.193,73	684,02	509,71	2,342	2,427	12,733	83,74	3,5	16,3	78,3	3,5
Média =													3,6	

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADEMICA DE ENGENHARIA CIVIL  
LABORATÓRIO DE PAVIMENTOS

Ensaio de Modulo, Fadiga, Creep e Tração

**Moldagem dos Corpos-de-Prova**

Data :FEVEREIRO/2006

Dens. Real do Cimento Asfáltico  
Dens. Real da Mistura de Agregados

1,03 Serviço : REVESTIMENTO ASFÁLTICO Filer Cimento  
2,64 Faixa D.N.E.R (C) **MISTURA 02**

Corpo de prova	% CA	Diâmetro (cm)	altura (cm)	Peso em gramas		Volume cm <sup>3</sup>	Densidade		Volumes - % Total			Vazios (%)		
				ar (g)	água (g)		Aparente (kg/m <sup>3</sup> )	Max.Teo. (kg/m <sup>3</sup> )	Ligante	Agregado	vazios	Agregado	Rel. betume vazios	Total
Nº				d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n
-	-	φ	c	-	-	e-f	d/f	-	(b*g)/Dlig.	100-b)*g)/Da	100-i-j	100-j	i/l	1-g/h
1	5,20	10,166	6,351	1.191,30	684,71	506,6	2,352	2,441	11,872	84,540	3,6	15,5	76,8	3,7
2	5,20	10,169	6,350	1.194,30	686,72	507,6	2,353	2,441	11,879	84,588	3,5	15,4	77,1	3,6
3	5,20	10,161	6,353	1.195,91	687,01	508,9	2,350	2,441	11,864	84,482	3,7	15,5	76,5	3,7
4	5,20	10,138	6,404	1.198,57	689,03	509,5	2,352	2,441	11,875	84,564	3,6	15,4	76,9	3,6
5	5,20	10,168	6,344	1.197,30	688,78	508,5	2,354	2,441	11,887	84,643	3,5	15,4	77,4	3,5
6	5,20	10,160	6,359	1.198,10	689,36	508,7	2,355	2,441	11,889	84,663	3,4	15,3	77,5	3,5
7	5,20	10,146	6,386	1.198,75	689,08	509,7	2,352	2,441	11,874	84,555	3,6	15,4	76,9	3,6
8	5,20	10,159	6,354	1.196,76	687,36	509,4	2,349	2,441	11,861	84,459	3,7	15,5	76,3	3,8
9	5,20	10,152	6,357	1.194,76	687,25	507,5	2,354	2,441	11,885	84,632	3,5	15,4	77,3	3,6
10	5,20	10,166	6,348	1.197,07	688,07	509,0	2,352	2,441	11,873	84,547	3,6	15,5	76,8	3,7
11	5,20	10,183	6,345	1.199,90	690,11	509,8	2,354	2,441	11,883	84,616	3,5	15,4	77,2	3,6
12	5,20	10,179	6,342	1.197,29	688,63	508,7	2,354	2,441	11,883	84,619	3,5	15,4	77,3	3,6
13	5,20	10,167	6,357	1.198,99	688,85	510,14	2,350	2,441	11,866	84,494	3,6	15,5	76,5	3,7
14	5,20	10,144	6,367	1.193,43	686,11	507,32	2,352	2,441	11,876	84,569	3,6	15,4	77,0	3,6
15	5,20	10,166	6,358	1.194,10	687,02	507,08	2,355	2,441	11,889	84,657	3,5	15,3	77,5	3,5
16	5,20	10,158	6,396	1.199,32	689,65	509,67	2,353	2,441	11,880	84,595	3,5	15,4	77,1	3,6
17	5,20	10,163	6,376	1.195,14	686,65	508,49	2,350	2,441	11,866	84,496	3,6	15,5	76,5	3,7
18	5,20	10,154	6,387	1.195,31	687,31	508,00	2,353	2,441	11,879	84,589	3,5	15,4	77,1	3,6
19	5,20	10,173	6,342	1.196,75	688,08	508,67	2,353	2,441	11,878	84,580	3,5	15,4	77,0	3,6
20	5,20	10,178	6,349	1.199,83	691,21	508,62	2,359	2,441	11,909	84,806	3,3	15,2	78,4	3,4
21	5,20	10,169	6,352	1.198,06	688,04	510,02	2,349	2,441	11,859	84,448	3,7	15,6	76,3	3,8
22	5,20	10,147	6,371	1.196,34	688,28	508,06	2,355	2,441	11,888	84,652	3,5	15,3	77,5	3,5
23	5,20	10,168	6,325	1.194,25	687,12	507,13	2,355	2,441	11,889	84,659	3,5	15,3	77,5	3,5
24	5,20	10,175	6,358	1.195,82	687,01	508,81	2,350	2,441	11,865	84,491	3,6	15,5	76,5	3,7
25	5,20	10,145	6,471	1.199,19	689,47	509,72	2,353	2,441	11,877	84,577	3,5	15,4	77,0	3,6
26	5,20	10,174	6,387	1.198,67	689,22	509,45	2,353	2,441	11,879	84,586	3,5	15,4	77,1	3,6
27	5,20	10,164	6,394	1.194,99	687,04	507,95	2,353	2,441	11,877	84,575	3,5	15,4	77,0	3,6
28	5,20	10,159	6,364	1.197,00	688,14	508,86	2,352	2,441	11,876	84,566	3,6	15,4	76,9	3,6
29	5,20	10,184	6,323	1.193,18	686,04	507,14	2,353	2,441	11,878	84,582	3,5	15,4	77,0	3,6
30	5,20	10,171	6,344	1.198,38	688,52	509,86	2,350	2,441	11,866	84,497	3,6	15,5	76,5	3,7
31	5,20	10,180	6,333	1.194,33	685,99	508,34	2,349	2,441	11,861	84,463	3,7	15,5	76,3	3,7
32	5,20	10,145	6,352	1.196,10	687,26	508,84	2,351	2,441	11,867	84,505	3,6	15,5	76,6	3,7
													Média =	3,6

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADEMICA DE ENGENHARIA CIVIL  
LABORATÓRIO DE PAVIMENTOS

**Ensaio de Modulo, Fadiga, Creep e Tração**

***Moldagem dos Corpos-de-Prova***

Data :FEVEREIRO/2006

Dens. Real do Cimento Asfáltico 1,03  
Dens. Real da Mistura de Agregados 2,641

Serviço : REVESTIMENTO ASFÁLTICO Filer Cimento  
Faixa D.N.E.R (C) **MISTURA 03**

Corpo de prova	% CA	Diâmetro	altura	Peso em gramas		Volume	Densidade		Volumes - % Total			Vazios (%)		
				ar (g)	água (g)		cm3	Aparente (kg/m3)	Max.Teo. (kg/m3)	Ligante	Agregado	vazios	Agregado	Rel. betume vazios
Nº		(cm)	(cm)	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n
a	b	φ	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n
-				-	-	e-f	d/f	-	(b*g)/Dlig.	100-b)*g)/Da	100-i-j	100-j	i/l	1-g/h
1	5,40	10,165	6,366	1.196,95	688,54	508,41	2,354	2,435	12,34	84,33	3,3	15,7	78,8	3,3
2	5,40	10,158	6,332	1.196,07	688,44	507,63	2,356	2,435	12,35	84,40	3,2	15,6	79,2	3,2
3	5,40	10,165	6,396	1.198,12	689,23	508,89	2,354	2,435	12,34	84,33	3,3	15,7	78,8	3,3
4	5,40	10,139	6,471	1.196,13	688,15	507,98	2,355	2,435	12,34	84,34	3,3	15,7	78,9	3,3
5	5,40	10,148	6,386	1.196,56	688,21	508,35	2,354	2,435	12,34	84,31	3,3	15,7	78,7	3,3
6	5,40	10,159	6,430	1.196,87	688,37	508,50	2,354	2,435	12,34	84,31	3,4	15,7	78,6	3,3
7	5,40	10,143	6,340	1.193,17	686,44	506,73	2,355	2,435	12,34	84,34	3,3	15,7	78,8	3,3
8	5,40	10,151	6,396	1.196,13	688,15	507,98	2,355	2,435	12,34	84,34	3,3	15,7	78,9	3,3
9	5,40	10,162	6,393	1.194,43	687,03	507,40	2,354	2,435	12,34	84,32	3,3	15,7	78,7	3,3
10	5,40	10,161	6,335	1.193,99	686,95	507,04	2,355	2,435	12,35	84,35	3,3	15,7	78,9	3,3
11	5,40	10,144	6,440	1.193,62	687,37	506,25	2,358	2,435	12,36	84,45	3,2	15,5	79,5	3,2
12	5,40	10,141	6,425	1.198,76	689,96	508,80	2,356	2,435	12,35	84,39	3,3	15,6	79,1	3,2
13	5,40	10,145	6,368	1.194,78	687,67	507,11	2,356	2,435	12,35	84,39	3,3	15,6	79,1	3,2
14	5,40	10,172	6,370	1.191,59	686,05	505,54	2,357	2,435	12,36	84,43	3,2	15,6	79,4	3,2
15	5,40	10,169	6,410	1.198,40	689,94	508,46	2,357	2,435	12,36	84,42	3,2	15,6	79,3	3,2
16	5,40	10,150	6,373	1.195,93	688,47	507,46	2,357	2,435	12,36	84,42	3,2	15,6	79,3	3,2
17	5,40	10,136	6,319	1.194,63	687,85	506,78	2,357	2,435	12,36	84,44	3,2	15,6	79,4	3,2
18	5,40	10,139	6,315	1.197,03	688,78	508,25	2,355	2,435	12,35	84,36	3,3	15,6	79,0	3,3
19	5,40	10,153	6,350	1.194,49	687,43	507,06	2,356	2,435	12,35	84,38	3,3	15,6	79,1	3,3
20	5,40	10,203	6,279	1.197,58	688,97	508,61	2,355	2,435	12,34	84,34	3,3	15,7	78,8	3,3
21	5,40	10,157	6,253	1.193,65	687,38	506,27	2,358	2,435	12,36	84,45	3,2	15,5	79,5	3,2
22	5,40	10,130	6,328	1.198,32	690,54	507,78	2,360	2,435	12,37	84,53	3,1	15,5	80,0	3,1
23	5,40	10,149	6,300	1.196,57	689,39	507,18	2,359	2,435	12,37	84,51	3,1	15,5	79,8	3,1
24	5,40	10,179	6,278	1.199,38	690,93	508,45	2,359	2,435	12,37	84,50	3,1	15,5	79,8	3,1
25	5,40	10,158	6,309	1.199,42	695,49	503,93	2,380	2,435	12,48	85,26	2,3	14,7	84,6	2,3
26	5,40	10,185	6,326	1.199,50	691,54	507,96	2,361	2,435	12,38	84,59	3,0	15,4	80,3	3,0
27	5,40	10,164	6,275	1.193,54	687,51	506,03	2,359	2,435	12,37	84,49	3,1	15,5	79,7	3,1
28	5,40	10,162	6,305	1.198,93	690,82	508,11	2,360	2,435	12,37	84,52	3,1	15,5	79,9	3,1
29	5,40	10,172	6,258	1.197,91	690,25	507,66	2,360	2,435	12,37	84,52	3,1	15,5	79,9	3,1
30	5,40	10,165	6,227	1.198,31	689,85	508,46	2,357	2,435	12,36	84,42	3,2	15,6	79,3	3,2
31	5,40	10,161	6,292	1.196,46	689,05	507,41	2,358	2,435	12,36	84,46	3,2	15,5	79,6	3,2
32	5,40	10,147	6,336	1.193,31	686,35	506,96	2,354	2,435	12,34	84,31	3,3	15,7	78,7	3,3
<b>Média =</b>													<b>3,2</b>	

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA & RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL  
LABORATÓRIO DE ENGENHARIA DE PAVIMENTOS

## Ensaios de Modulo, Fadiga, Creep e Tração

### *Moldagem dos Corpos-de-Prova*

Data : Dezembro de 2006

Dens. Real do Cimento Asfáltico 1,03

Dens. Real da Mistura de Agregados 2,654

Densidade Aparente da Fita Adesiva 0,96

Densidade Aparente da Parafina 0,875

Constante da Prensa 1,865 Kg/divisão  
DNER ME 43/95 **MISTURA 04**

Corpo de prova	% CA	Diâmetro (cm)	altura (cm)	Peso em gramas			cp+fita (P1)	FITA (P2)	cp+fita+parafina (P3)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Densidade		Volumes - % Total			Vazios (%)		
				ar (g)	CP + FITA + PARAFINA IMERSO (P4)						Aparente (kg/m <sup>3</sup> )	Max.Teo. (kg/m <sup>3</sup> )	Ligante	Agregado	vazios	Agregado	Rel. betume vazios	Total
Nº				d	e				f	g	h	i	j	k	l	m	n	
a	b	c	e	d	e				f	g	h	i	j	k	l	m	n	
-	% peso da		-	-	-				d/f	-	(b*g)/Dlig.	100-b*j	100-b*j	100-i-j	100-j	i/l	1-g/h	
82	6,80	10,181	6,53	1.186,83	666,12	1.192,76	5,93	1.217,99	516,9	2,296	2,397	15,160	80,637	4,2	19,4	78,3	4,2	
83	6,80	10,185	6,62	1.193,11	669,14	1.197,62	4,51	1.220,91	520,5	2,292	2,397	15,135	80,503	4,4	19,5	77,6	4,4	
84	6,80	10,164	6,48	1.192,79	668,07	1.197,09	4,30	1.219,49	521,3	2,288	2,397	15,105	80,345	4,6	19,7	76,8	4,6	
85	6,80	10,147	6,54	1.192,45	669,71	1.196,92	4,47	1.219,33	519,4	2,296	2,397	15,158	80,629	4,2	19,4	78,3	4,2	
86	6,80	10,168	6,49	1.192,52	669,65	1.197,34	4,82	1.224,49	518,8	2,299	2,397	15,176	80,721	4,1	19,3	78,7	4,1	
87	6,80	10,182	6,53	1.192,57	669,92	1.197,49	4,92	1.220,84	519,1	2,297	2,397	15,167	80,675	4,2	19,3	78,5	4,2	
88	6,80	10,160	6,48	1.189,92	669,82	1.194,30	4,38	1.217,54	516,6	2,303	2,397	15,207	80,887	3,9	19,1	79,6	3,9	
89	6,80	10,186	6,51	1.189,93	668,25	1.194,69	4,76	1.219,40	518,0	2,297	2,397	15,167	80,677	4,2	19,3	78,5	4,2	
90	6,80	10,181	6,47	1.186,47	664,61	1.189,99	3,52	1.213,97	518,3	2,289	2,397	15,113	80,390	4,5	19,6	77,1	4,5	
91	6,80	10,175	6,52	1.193,54	669,36	1.197,16	3,62	1.224,47	520,1	2,295	2,397	15,150	80,583	4,3	19,4	78,0	4,3	
92	6,80	10,164	6,57	1.193,98	669,53	1.199,77	5,79	1.227,67	520,2	2,295	2,397	15,152	80,598	4,3	19,4	78,1	4,2	
93	6,80	10,188	6,46	1.192,76	669,34	1.198,21	5,45	1.223,66	519,6	2,296	2,397	15,156	80,618	4,2	19,4	78,2	4,2	
94	6,80	10,191	6,60	1.193,14	669,27	1.197,41	4,27	1.223,94	519,9	2,295	2,397	15,151	80,591	4,3	19,4	78,1	4,3	
95	6,80	10,178	6,48	1.193,72	669,09	1.197,46	3,74	1.223,50	520,8	2,292	2,397	15,134	80,498	4,4	19,5	77,6	4,4	
96	6,80	10,182	6,44	1.191,44	669,08	1.195,85	4,41	1.220,98	518,6	2,297	2,397	15,168	80,680	4,2	19,3	78,5	4,2	
97	6,80	10,161	6,58	1.193,83	668,63	1.197,44	3,61	1.227,21	520,8	2,292	2,397	15,134	80,499	4,4	19,5	77,6	4,4	
98	6,80	10,146	6,49	1.189,53	668,37	1.193,76	4,23	1.218,82	517,4	2,299	2,397	15,178	80,735	4,1	19,3	78,8	4,1	
99	6,80	10,137	6,47	1.184,33	664,51	1.188,43	4,10	1.212,48	516,2	2,294	2,397	15,147	80,567	4,3	19,4	77,9	4,3	
100	6,80	10,175	6,40	1.188,86	669,01	1.192,42	3,56	1.217,93	516,1	2,304	2,397	15,209	80,900	3,9	19,1	79,6	3,9	
101	6,80	10,184	6,47	1.189,78	668,49	1.194,02	4,24	1.218,76	517,6	2,299	2,397	15,176	80,724	4,1	19,3	78,7	4,1	
102	6,80	10,135	6,46	1.190,83	669,08	1.194,78	3,95	1.222,95	517,6	2,301	2,397	15,190	80,798	4,0	19,2	79,1	4,0	
103	6,80	10,147	6,48	1.189,81	669,22	1.194,02	4,21	1.219,70	516,7	2,303	2,397	15,201	80,857	3,9	19,1	79,4	3,9	
104	6,80	10,140	6,44	1.191,66	669,16	1.195,40	3,74	1.221,05	518,7	2,297	2,397	15,168	80,680	4,2	19,3	78,5	4,2	
105	6,80	10,158	6,44	1.188,75	668,08	1.192,34	3,59	1.218,54	516,8	2,300	2,397	15,187	80,780	4,0	19,2	79,0	4,0	
106	6,80	10,165	6,39	1.191,37	669,55	1.195,01	3,64	1.225,09	517,4	2,303	2,397	15,203	80,865	3,9	19,1	79,4	3,9	
107	6,80	10,172	6,36	1.189,38	667,22	1.193,84	4,46	1.226,37	517,3	2,299	2,397	15,178	80,737	4,1	19,3	78,8	4,1	
108	6,80	10,184	6,41	1.192,32	669,09	1.196,23	3,91	1.228,94	518,4	2,300	2,397	15,185	80,770	4,0	19,2	79,0	4,0	
109	6,80	10,133	6,47	1.192,88	669,93	1.197,13	4,25	1.223,48	519,0	2,298	2,397	15,174	80,712	4,1	19,3	78,7	4,1	
110	6,80	10,183	6,44	1.190,65	669,75	1.194,76	4,11	1.224,49	516,5	2,305	2,397	15,220	80,955	3,8	19,0	79,9	3,8	
111	6,80	10,150	6,45	1.189,69	668,66	1.193,15	3,46	1.218,68	517,2	2,300	2,397	15,185	80,771	4,0	19,2	79,0	4,0	
112	6,80	10,186	6,39	1.189,29	668,21	1.192,64	3,35	1.217,11	517,4	2,298	2,397	15,174	80,712	4,1	19,3	78,7	4,1	
113	6,80	10,151	6,40	1.187,31	667,78	1.190,97	3,66	1.216,55	515,7	2,302	2,397	15,199	80,847	4,0	19,2	79,4	4,0	
<b>Média =</b>																<b>4,1</b>		

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA & RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL  
LABORATÓRIO DE ENGENHARIA DE PAVIMENTOS

## Ensaios de Modulo, Fadiga, Creep e Tração

### *Moldagem dos Corpos-de-Prova*

Data : Novembro de 2006

Dens. Real do Cimento Asfáltico 1,03

Dens. Real da Mistura de Agregados 2,655

Densidade Aparente da Fita Adesiva 0,96

Densidade Aparente da Parafina 0,875

Constante da Prensa 1,865 kgf/divisão  
DNER ME 43/95 **MISTURA 05**

Corpo de prova	% CA	Diâmetro (cm)	altura (cm)	Peso em gramas			Volume			Densidade		Volumens - % Total			Vazios (%)			
				ar (g)	CP + FITA + PARAFINA IMERSO (P4)	cp+fita (P1)	FITA (P2)	cp+fita+parafina (P3)	cm3	Aparente (t/m3)	Max.Teo. (t/m3)	Ligante	Agregado	vazios	Agregado	Rel. betume vazios (%)	Total	
Nº																		
a	b	c	d	e				f	g	h	i	j	k	l	m	n		
-	% peso da								d/f	-	(b*g)/Dlig.	((100-b)*g)/Dag.	100-i-j	100-j	i/l	1-g/h		
50	8,25	8,25	6,47	1.183,49	655,85	1.186,88	3,39	1.226,89	521,8	2,268	2,349	18,167	78,382	3,5	21,6	84,0	3,4	
51	8,25	8,25	6,42	1.183,13	661,30	1.186,38	3,25	1.226,97	515,9	2,293	2,349	18,369	79,252	2,4	20,7	88,5	2,4	
52	8,25	8,25	6,41	1.186,84	658,00	1.189,82	2,98	1.228,81	523,1	2,269	2,349	18,171	78,399	3,4	21,6	84,1	3,4	
53	8,25	8,25	6,42	1.186,11	657,52	1.189,91	3,80	1.235,89	521,9	2,273	2,349	18,205	78,543	3,3	21,5	84,8	3,2	
54	8,25	8,25	6,37	1.188,45	657,95	1.190,53	2,08	1.237,78	523,7	2,269	2,349	18,178	78,428	3,4	21,6	84,3	3,4	
55	8,25	8,25	6,40	1.184,42	658,51	1.187,21	2,79	1.228,20	519,9	2,278	2,349	18,246	78,722	3,0	21,3	85,8	3,0	
56	8,25	8,25	6,35	1.178,86	653,96	1.182,38	3,52	1.214,94	520,1	2,267	2,349	18,155	78,328	3,5	21,7	83,8	3,5	
57	8,25	8,25	6,42	1.187,95	658,47	1.192,26	4,31	1.231,26	523,7	2,268	2,349	18,168	78,385	3,4	21,6	84,1	3,4	
58	8,25	8,25	6,45	1.190,22	657,58	1.193,40	3,18	1.237,25	526,2	2,262	2,349	18,116	78,160	3,7	21,8	82,9	3,7	
59	8,25	8,25	6,45	1.184,65	656,15	1.190,73	6,08	1.222,31	523,7	2,262	2,349	18,117	78,166	3,7	21,8	83,0	3,7	
60	8,25	8,25	6,50	1.186,31	658,78	1.189,24	2,93	1.222,11	522,7	2,270	2,349	18,178	78,429	3,4	21,6	84,3	3,4	
61	8,25	8,25	6,47	1.188,67	659,59	1.193,91	5,24	1.222,50	524,8	2,265	2,349	18,143	78,276	3,6	21,7	83,5	3,6	
62	8,25	8,25	6,39	1.186,26	657,33	1.190,14	3,88	1.228,36	523,3	2,267	2,349	18,157	78,336	3,5	21,7	83,8	3,5	
63	8,25	8,25	6,47	1.185,43	656,11	1.189,56	4,13	1.226,50	523,9	2,263	2,349	18,125	78,198	3,7	21,8	83,1	3,7	
64	8,25	8,25	6,36	1.185,12	655,79	1.192,24	7,12	1.219,77	525,1	2,257	2,349	18,077	77,994	3,9	22,0	82,1	3,9	
65	8,25	8,25	6,47	1.185,91	657,42	1.189,21	3,30	1.224,46	523,3	2,266	2,349	18,151	78,312	3,5	21,7	83,7	3,5	
66	8,25	8,25	6,39	1.181,51	658,06	1.184,68	3,17	1.224,09	517,7	2,282	2,349	18,280	78,870	2,8	21,1	86,5	2,8	
67	8,25	8,25	6,53	1.183,91	658,41	1.188,66	4,75	1.211,66	522,0	2,268	2,349	18,166	78,375	3,5	21,6	84,0	3,5	
68	8,25	8,25	6,38	1.187,51	660,18	1.191,17	3,66	1.224,78	522,4	2,273	2,349	18,208	78,559	3,2	21,4	84,9	3,2	
69	8,25	8,25	6,52	1.181,70	655,04	1.186,02	4,32	1.218,77	521,8	2,265	2,349	18,139	78,261	3,6	21,7	83,4	3,6	
70	8,25	8,25	6,28	1.180,53	653,51	1.184,73	4,20	1.228,92	520,5	2,268	2,349	18,165	78,374	3,5	21,6	84,0	3,5	
71	8,25	8,25	6,40	1.179,15	656,77	1.181,79	2,64	1.216,38	517,3	2,279	2,349	18,257	78,767	3,0	21,2	86,0	3,0	
72	8,25	8,25	6,45	1.183,84	657,50	1.187,32	3,48	1.218,01	521,8	2,269	2,349	18,172	78,401	3,4	21,6	84,1	3,4	
73	8,25	8,25	6,35	1.176,74	653,23	1.180,14	3,40	1.212,15	518,8	2,268	2,349	18,168	78,384	3,4	21,6	84,0	3,4	
74	8,25	8,25	6,39	1.184,32	656,48	1.187,45	3,13	1.224,90	522,4	2,267	2,349	18,160	78,350	3,5	21,6	83,9	3,5	
75	8,25	8,25	6,38	1.182,61	656,40	1.185,98	3,37	1.219,65	521,3	2,269	2,349	18,172	78,402	3,4	21,6	84,1	3,4	
76	8,25	8,25	6,40	1.181,39	656,79	1.185,08	3,69	1.212,49	520,5	2,270	2,349	18,179	78,431	3,4	21,6	84,3	3,4	
77	8,25	8,25	6,46	1.181,01	653,61	1.185,39	4,38	1.217,45	522,6	2,260	2,349	18,100	78,090	3,8	21,9	82,6	3,8	
78	8,25	8,25	6,44	1.182,07	654,52	1.185,59	3,52	1.210,77	523,8	2,257	2,349	18,075	77,986	3,9	22,0	82,1	3,9	
79	8,25	8,25	6,33	1.184,68	656,66	1.187,04	2,36	1.215,19	523,9	2,261	2,349	18,112	78,144	3,7	21,9	82,9	3,7	
80	8,25	8,25	6,41	1.181,83	657,94	1.186,17	4,34	1.215,68	519,5	2,275	2,349	18,222	78,617	3,2	21,4	85,2	3,2	
81	8,25	8,25	6,40	1.184,21	656,52	1.187,95	3,74	1.223,57	522,4	2,267	2,349	18,155	78,330	3,5	21,7	83,8	3,5	
<b>Média</b>																<b>3,4</b>		

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA & RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL  
LABORATÓRIO DE ENGENHARIA DE PAVIMENTOS

## Ensaio de Modulo, Fadiga, Creep e Tração

### Moldagem dos Corpos-de-Prova

Data : Janeiro de 2007

Dens. Real do Cimento Asfáltico 1,03

Dens. Real da Mistura de Agregados 2,654

Densidade Aparente da Fita Adesiva 0,96

Densidade Aparente da Parafina 0,875

Constante da Prensa 1,865 kgf/divisão

DNER ME 43/95 **MISTURA 4A**

Corpo de prova	% CA	Diâmetro (cm)	altura (cm)	Peso em gramas					Volume (cm <sup>3</sup> )	Densidade		Volumes - % Total			Vazios (%)			
				ar (g)	CP + FITA + PARAFINA IMERSO (P4)	cp+fita (P1)	FITA (P2)	cp+fita+parafina (P3)		Aparente (t/m <sup>3</sup> )	Max. Teo. (t/m <sup>3</sup> )	Ligante	Agregado	vazios	Agregado	Rel. betume vazios (%)	Total	
Nº																		
a	b		c	d	e			f	g	h	i	j	k	l	m	n		
-	% peso da		-	-	-				d/f	-	(b*g)/Dlig.	((100-b)*g)/Daq.	100-i-j	100-j	i/l	1-g/h		
158	6,90		6,44															
159	6,90		6,41															
160	6,90		6,40															
161	6,90		6,47															
162	6,90	10,14	6,36	1.188,60	669,50	1.191,80	3,20	1.233,80	513,0	2,317	2,394	15,522	81,282	3,2	18,7	82,9	3,2	
163	6,90	10,14	6,33	1.184,40	668,70	1.187,50	3,10	1.235,80	508,7	2,328	2,394	15,598	81,679	2,7	18,3	85,1	2,7	
164	6,90	10,16	6,40	1.188,50	667,30	1.191,10	2,60	1.216,40	517,5	2,297	2,394	15,386	80,567	4,0	19,4	79,2	4,1	
165	6,90	10,15	6,36	1.189,30	668,70	1.192,40	3,10	1.218,80	516,7	2,302	2,394	15,419	80,743	3,8	19,3	80,1	3,9	
166	6,90	10,15	6,38	1.186,10	667,10	1.189,10	3,00	1.215,20	515,1	2,302	2,394	15,424	80,768	3,8	19,2	80,2	3,8	
167	6,90	10,17	6,43	1.189,50	665,90	1.193,10	3,60	1.219,20	519,7	2,289	2,394	15,332	80,287	4,4	19,7	77,8	4,4	
168	6,90	10,15	6,32	1.186,20	670,60	1.189,50	3,30	1.213,60	512,0	2,317	2,394	15,520	81,268	3,2	18,7	82,9	3,2	
169	6,90	10,14	6,37	1.190,40	670,50	1.194,00	3,60	1.220,30	516,0	2,307	2,394	15,455	80,928	3,6	19,1	81,0	3,6	
170	6,90	10,22	6,32	1.189,40	669,30	1.193,80	4,40	1.221,90	515,9	2,305	2,394	15,444	80,874	3,7	19,1	80,8	3,7	
171	6,90	10,15	6,42	1.200,30	677,80	1.204,20	3,90	1.229,60	518,7	2,314	2,394	15,502	81,174	3,3	18,8	82,3	3,3	
172	6,90	10,17	6,41	1.190,50	667,90	1.194,30	3,80	1.220,70	518,7	2,295	2,394	15,376	80,517	4,1	19,5	78,9	4,1	
173	6,90	10,17	6,39	1.186,80	667,70	1.190,70	3,90	1.217,80	515,1	2,304	2,394	15,436	80,828	3,7	19,2	80,5	3,8	
174	6,90	10,14	6,42	1.188,20	666,40	1.191,90	3,70	1.218,60	517,8	2,295	2,394	15,371	80,491	4,1	19,5	78,8	4,2	
175	6,90	10,16	6,36	1.187,00	668,90	1.189,80	2,80	1.216,90	514,1	2,309	2,394	15,467	80,992	3,5	19,0	81,4	3,6	
176	6,90	10,14	6,38	1.187,10	668,50	1.190,80	3,70	1.216,50	514,8	2,306	2,394	15,448	80,895	3,7	19,1	80,9	3,7	
177	6,90	10,14	6,35	1.185,10	665,70	1.189,20	4,10	1.217,40	515,2	2,300	2,394	15,410	80,691	3,9	19,3	79,8	3,9	
178	6,90	10,16	6,39	1.190,40	667,90	1.194,80	4,40	1.222,60	518,3	2,297	2,394	15,385	80,561	4,1	19,4	79,1	4,1	
179	6,90	10,14	6,37	1.191,00	670,90	1.194,80	3,80	1.222,70	516,0	2,308	2,394	15,464	80,974	3,6	19,0	81,3	3,6	
180	6,90	10,17	6,34	1.193,70	672,70	1.197,20	3,50	1.224,70	516,9	2,309	2,394	15,470	81,006	3,5	19,0	81,4	3,5	
181	6,90	10,15	6,45	1.193,20	667,90	1.196,30	3,10	1.224,00	521,2	2,289	2,394	15,336	80,306	4,4	19,7	77,9	4,4	
182	6,90	10,16	6,38	1.192,60	670,70	1.196,30	3,70	1.224,90	517,7	2,304	2,394	15,433	80,816	3,8	19,2	80,5	3,8	
183	6,90	10,20	6,39	1.199,80	673,40	1.203,20	3,40	1.232,10	522,1	2,298	2,394	15,394	80,608	4,0	19,4	79,4	4,0	
184	6,90	10,14	6,41	1.190,60	671,20	1.195,30	4,70	1.221,60	515,4	2,310	2,394	15,474	81,027	3,5	19,0	81,6	3,5	
185	6,90	10,18	6,42	1.191,40	668,00	1.195,20	3,80	1.223,50	519,2	2,295	2,394	15,372	80,496	4,1	19,5	78,8	4,1	
186	6,90	10,15	6,44	1.184,20	662,90	1.188,50	4,30	1.216,70	517,1	2,290	2,394	15,342	80,335	4,3	19,7	78,0	4,3	
187	6,90	10,16	6,47	1.199,50	670,40	1.203,60	4,10	1.232,30	524,8	2,286	2,394	15,311	80,174	4,5	19,8	77,2	4,5	
188	6,90	10,15	6,46	1.187,10	663,40	1.191,80	4,70	1.218,50	519,7	2,284	2,394	15,302	80,129	4,6	19,9	77,0	4,6	
189	6,90	10,16	6,36	1.191,40	671,10	1.194,60	3,20	1.224,00	516,0	2,309	2,394	15,468	81,000	3,5	19,0	81,4	3,5	
190	6,90	10,16	6,38	1.191,20	669,30	1.194,70	3,50	1.224,70	517,5	2,302	2,394	15,421	80,751	3,8	19,2	80,1	3,8	
191	6,90	10,14	6,47	1.192,70	668,80	1.197,00	4,30	1.225,60	519,6	2,295	2,394	15,376	80,516	4,1	19,5	78,9	4,1	
192	6,90	10,16	6,45	1.194,30	666,50	1.198,10	3,80	1.227,10	523,5	2,281	2,394	15,283	80,029	4,7	20,0	76,5	4,7	
193	6,90	10,16	6,46	1.193,70	668,60	1.197,80	4,10	1.229,70	520,4	2,294	2,394	15,367	80,469	4,2	19,5	78,7	4,2	
<b>Média =</b>																<b>3,9</b>		



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA & RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL  
LABORATÓRIO DE ENGENHARIA DE PAVIMENTOS**

## Ensaio de Módulo, Fadiga, Creep e Tração

### *Moldagem dos Corpos-de-Prova*

Data : janeiro de 2007

Dens. Real do Cimento Asfáltico **1,03**  
Dens. Real da Mistura de Agregados **2,655**  
Densidade Aparente da Fita Adesiva **0,960**  
Densidade Aparente da Parafina **0,875**

Serviço : REVESTIMENTO ASFÁLTICO SMA Filer : Cimento  
Costante da Prensa **1,865 Kg/div**  
CAP-30-45 DNER ME 43/95 **MISTURA 05A**

Corpo de prova	% CA	Diâmetro (cm)	altura (cm)	Peso em gramas				Volume (cm <sup>3</sup> )	Densidade		Volumens - % Total			Vazios (%)			
				ar (g)	CP + FITA + PARAFINA IMERSO (P4)	cp+fita (P1)	FITA (P2)		Cp+fita+parafina (P3)	Aparente (kg/m <sup>3</sup> )	Max. Teo. (kg/m <sup>3</sup> )	Ligante	Agregado	vazios	Agregado	Rel. betume vazios (%)	Total
Nº																	
a	b		c	d	e			f	g	h	i	j	k	l	m	n	
-	% peso da		-	-	-			-	df	-	(b*g)/Dlig.	((100-b)*g)/Dag.	100-lj	100-j	il	i-g/h	
194	7,80	10,17	6,57	1.190,24	666,92	1.193,92	3,68	1.217,09	519,9	2,290	2,364	17,338	79,509	3,2	20,5	84,6	3,1
195	7,80	10,16	6,49	1.191,12	667,28	1.194,82	3,70	1.220,28	520,0	2,290	2,364	17,345	79,539	3,1	20,5	84,8	3,1
196	7,80	10,17	6,41	1.190,86	666,92	1.193,90	3,04	1.221,35	519,9	2,291	2,364	17,346	79,545	3,1	20,5	84,8	3,1
197	7,80	10,14	6,63	1.191,81	665,09	1.195,18	3,37	1.223,71	522,5	2,281	2,364	17,273	79,211	3,5	20,8	83,1	3,5
198	7,80	10,16	6,57	1.190,80	663,70	1.195,60	4,80	1.223,70	522,9	2,277	2,364	17,246	79,086	3,7	20,9	82,5	3,7
199	7,80	10,20	6,48	1.191,90	665,20	1.196,20	4,30	1.220,60	523,0	2,279	2,364	17,257	79,136	3,6	20,9	82,7	3,6
200	7,80	10,15	6,59	1.194,80	668,30	1.198,30	3,50	1.224,00	522,7	2,286	2,364	17,311	79,382	3,3	20,6	84,0	3,3
201	7,80	10,17	6,47	1.206,60	669,50	1.211,10	4,50	1.245,00	532,1	2,268	2,364	17,173	78,752	4,1	21,2	80,8	4,1
202	7,80	10,16	6,61	1.202,50	668,40	1.206,10	3,60	1.235,90	529,7	2,270	2,364	17,192	78,837	4,0	21,2	81,2	4,0
203	7,80	10,16	6,57	1.193,40	668,20	1.197,30	3,90	1.219,40	521,9	2,287	2,364	17,317	79,411	3,3	20,6	84,1	3,3
204	7,80	10,16	6,59	1.194,80	668,10	1.198,30	3,50	1.226,60	522,5	2,287	2,364	17,316	79,408	3,3	20,6	84,1	3,3
205	7,80	10,17	6,49	1.191,90	666,20	1.195,10	3,20	1.221,50	521,8	2,284	2,364	17,298	79,324	3,4	20,7	83,7	3,4
206	7,80	10,16	6,48	1.191,80	664,60	1.195,60	3,80	1.218,90	523,7	2,276	2,364	17,233	79,027	3,7	21,0	82,2	3,7
207	7,80	10,16	6,53	1.190,30	664,30	1.193,70	3,40	1.213,70	523,0	2,276	2,364	17,235	79,035	3,7	21,0	82,2	3,7
208	7,80	10,16	6,54	1.189,40	663,50	1.192,80	3,40	1.221,90	521,6	2,280	2,364	17,268	79,187	3,5	20,8	83,0	3,5
209	7,80	10,17	6,54	1.194,10	664,90	1.197,60	3,50	1.220,60	525,8	2,271	2,364	17,199	78,870	3,9	21,1	81,4	3,9
210	7,80	10,17	6,51	1.190,00	664,40	1.193,50	3,50	1.218,70	521,9	2,280	2,364	17,269	79,189	3,5	20,8	83,0	3,5
211	7,80	10,16	6,54	1.198,10	668,30	1.200,90	2,80	1.231,20	525,4	2,281	2,364	17,270	79,197	3,5	20,8	83,0	3,5
212	7,80	10,15	6,39	1.191,70	671,80	1.194,70	3,00	1.221,70	515,9	2,310	2,364	17,492	80,214	2,3	19,8	88,4	2,3
213	7,80	10,17	6,45	1.184,60	660,80	1.189,70	5,10	1.215,90	519,8	2,279	2,364	17,257	79,134	3,6	20,9	82,7	3,6
214	7,80	10,15	6,70	1.189,20	662,50	1.193,80	4,60	1.224,10	522,2	2,277	2,364	17,246	79,086	3,7	20,9	82,5	3,7
215	7,80	10,16	6,62	1.199,90	667,80	1.203,40	3,50	1.230,10	528,1	2,272	2,364	17,205	78,897	3,9	21,1	81,5	3,9
216	7,80	10,17	6,40	1.183,50	660,80	1.187,00	3,50	1.218,80	518,0	2,285	2,364	17,302	79,341	3,4	20,7	83,7	3,4
217	7,80	10,16	6,55	1.192,80	663,60	1.197,30	4,50	1.227,70	524,7	2,273	2,364	17,216	78,949	3,8	21,1	81,8	3,8
218	7,80	10,17	6,56	1.197,20	665,30	1.201,50	4,30	1.235,50	526,9	2,272	2,364	17,208	78,911	3,9	21,1	81,6	3,9
219	7,80	10,16	6,56	1.189,50	661,50	1.194,20	4,70	1.223,70	523,6	2,272	2,364	17,204	78,893	3,9	21,1	81,5	3,9
220	7,80	10,16	6,39	1.186,90	663,40	1.190,40	3,50	1.219,80	519,2	2,286	2,364	17,313	79,393	3,3	20,6	84,0	3,3
221	7,80	10,16	6,41	1.189,90	661,20	1.194,60	4,70	1.226,50	523,9	2,271	2,364	17,198	78,866	3,9	21,1	81,4	3,9
222	7,80	11,015	6,57	1.196,10	666,10	1.200,10	4,00	1.229,20	525,7	2,275	2,364	17,231	79,016	3,8	21,0	82,1	3,7
223	7,80	10,15	6,54	1.199,60	667,70	1.203,70	4,10	1.233,90	527,4	2,274	2,364	17,224	78,986	3,8	21,0	82,0	3,8
224	7,80	10,16	6,55	1.194,00	665,10	1.197,20	3,20	1.226,60	524,6	2,276	2,364	17,237	79,044	3,7	21,0	82,3	3,7
225	7,80	10,15	6,57	1.192,70	665,80	1.196,60	3,90	1.225,20	522,7	2,282	2,364	17,281	79,247	3,5	20,8	83,3	3,5
226	7,80	10,16	6,538	1.196,90	667,10	1.200,80	3,90	1.229,60	525,5	2,278	2,364	17,247	79,092	3,7	20,9	82,5	3,7
227	7,80	10,18	6,542	1.198,00	666,20	1.201,60	3,60	1.231,70	527,4	2,272	2,364	17,203	78,890	3,9	21,1	81,5	3,9
228	7,80	10,16	6,499	1.195,50	667,10	1.198,70	3,20	1.232,00	523,5	2,284	2,364	17,293	79,303	3,4	20,7	83,6	3,4
229	7,80	10,16	6,546	1.191,80	664,40	1.196,10	4,30	1.231,10	522,2	2,282	2,364	17,283	79,253	3,5	20,7	83,3	3,5
230	7,80	10,17	6,591	1.192,40	665,30	1.196,40	4,00	1.252,90	518,9	2,298	2,364	17,403	79,806	2,8	20,2	86,2	2,8
231	7,80	10,16	6,765	1.228,60	676,60	1.233,10	4,50	1.264,90	547,3	2,245	2,364	17,001	77,961	5,0	22,0	77,1	5,0
232	7,80	10,16	6,522	1.200,60	671,70	1.204,00	3,40	1.235,40	524,3	2,290	2,364	17,342	79,526	3,1	20,5	84,7	3,1
233	7,80	10,17	6,582	1.200,10	668,60	1.204,50	4,40	1.238,50	526,5	2,280	2,364	17,263	79,162	3,6	20,8	82,8	3,6
<b>Média =</b>																<b>3,6</b>	

## **ENSAIO DE MÓDULO DE RESILIÊNCIA**

**MISTURA 01**

**MISTURA 02**

**MISTURA 03**

**MISTURA SMA 04**

**MISTURA SMA 05**

**MISTURA SMA 04-A**

**MISTURA SMA 05-A**

RELATÓRIO DE ENSAIO DE MÓDULO - COMPRESSÃO DIAMETRAL				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ	Origem: FAIXA C	C.P. Nº 2.1		
Mistura 01 50 golpes	5.6% ligante	Est/Km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Intererr.: joao batista	Data: 13-03-2007		
Diâmetro C.P.(cm):	10,17	Temperatura: 25º	Altura C.P.(cm): 6,38	
TABELA DE RESULTADOS				
	Altura do cp (cm)	Força (kgf)	Deslocamento Resiliente (mm)	Módulo Resiliente (Mpa)
CICLO 1	6,38	96,21	0,003216	2613
CICLO 2	6,38	94,66	0,003236	2555
CICLO 3	6,38	94,73	0,003098	2671
<b>Valor Medio:</b>				<b>2613</b>

RELATÓRIO DE ENSAIO DE MÓDULO - COMPRESSÃO DIAMETRAL				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ	Origem: FAIXA C	C.P. Nº 9.1		
Mistura 01 50 golpes	5.6% ligante	Est/Km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Intererr.: joao batista	Data: 13-03-2007		
Diâmetro C.P.(cm):	10,17	Temperatura: 25º	Altura C.P.(cm): 6,38	
TABELA DE RESULTADOS				
	Altura do cp (cm)	Força (kgf)	Deslocamento Resiliente (mm)	Módulo Resiliente (Mpa)
CICLO 1	6,38	95,44	0,003302	2525
CICLO 2	6,38	95,09	0,003309	2510
CICLO 3	6,38	95,11	0,003372	2464
<b>Valor Medio:</b>				<b>2500</b>

RELATÓRIO DE ENSAIO DE MÓDULO - COMPRESSÃO DIAMETRAL				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ	Origem: FAIXA C	C.P. Nº 15.1		
Mistura 01 50 golpes	5.6% ligante	Est/Km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Intererr.: joao batista	Data: 13-03-2007		
Diâmetro C.P.(cm):	10,16	Temperatura: 25º	Altura C.P.(cm): 6,40	
TABELA DE RESULTADOS				
	Altura do cp (cm)	Força (kgf)	Deslocamento Resiliente (mm)	Módulo Resiliente (Mpa)
CICLO 1	6,40	96,35	0,003408	2462
CICLO 2	6,40	94,83	0,003141	2629
CICLO 3	6,40	94,93	0,003181	2599
<b>Valor Medio:</b>				<b>2563</b>

RELATÓRIO DE ENSAIO DE MÓDULO - COMPRESSÃO DIAMETRAL				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ	Origem: FAIXA C	C.P. Nº 20.1		
Mistura 01 50 golpes	5.6% ligante	Est/Km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Intererr.: joao batista	Data: 13-03-2007		
Diâmetro C.P.(cm):	10,16	Temperatura: 25º	Altura C.P.(cm): 6,41	
TABELA DE RESULTADOS				
	Altura do cp (cm)	Força (kgf)	Deslocamento Resiliente (mm)	Módulo Resiliente (Mpa)
CICLO 1	6,41	95,97	0,003168	2634
CICLO 2	6,41	95,51	0,003175	2616
CICLO 3	6,41	95,59	0,00318	2614
<b>Valor Medio:</b>				<b>2621</b>

RELATÓRIO DE ENSAIO DE MÓDULO - COMPRESSÃO DIAMETRAL				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ	Origem: FAIXA C	C.P. Nº 1.2		
Mistura 02 50 golpes	5.2% ligante	Est/Km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Intererr.:joao batista	Data: 13-03-2007		
Diâmetro C.P.(cm):	10,17	Temperatura: 25º	Altura C.P.(cm): 6,351	
TABELA DE RESULTADOS				
	Altura do cp (cm)	Força (kgf)	Deslocamento Resiliente (mm)	Módulo Resiliente (Mpa)
CICLO 1	6,351	125,14	0,004337	2532
CICLO 2	6,351	124,52	0,004387	2491
CICLO 3	6,351	124,56	0,004533	2411
			<b>Valor Medio:</b>	<b>2478</b>

RELATÓRIO DE ENSAIO DE MÓDULO - COMPRESSÃO DIAMETRAL				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ	Origem: FAIXA C	C.P. Nº 10.2		
Mistura 02 50 golpes	5.2% ligante	Est/Km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Intererr.:joao batista	Data: 13-03-2007		
Diâmetro C.P.(cm):	10,17	Temperatura: 25º	Altura C.P.(cm): 6,35	
TABELA DE RESULTADOS				
	Altura do cp (cm)	Força (kgf)	Deslocamento Resiliente (mm)	Módulo Resiliente (Mpa)
CICLO 1	6,35	95,6	0,003155	2659
CICLO 2	6,35	95,14	0,003386	2466
CICLO 3	6,35	95,15	0,003435	2431
			<b>Valor Medio:</b>	<b>2519</b>

RELATÓRIO DE ENSAIO DE MÓDULO - COMPRESSÃO DIAMETRAL				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ	Origem: FAIXA C	C.P. Nº 17.2		
Mistura 02 50 golpes	5.2% ligante	Est/Km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Intererr.:joao batista	Data: 13-03-2007		
Diâmetro C.P.(cm):	10,16	Temperatura: 25º	Altura C.P.(cm): 6,38	
TABELA DE RESULTADOS				
	Altura do cp (cm)	Força (kgf)	Deslocamento Resiliente (mm)	Módulo Resiliente (Mpa)
CICLO 1	6,38	95,34	0,003394	2454
CICLO 2	6,38	95,04	0,00351	2365
CICLO 3	6,38	95,03	0,003635	2284
Valor Medio:				2368

RELATÓRIO DE ENSAIO DE MÓDULO - COMPRESSÃO DIAMETRAL				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ	Origem: FAIXA C	C.P. Nº 30.2		
Mistura 02 50 golpes	5.2% ligante	Est/Km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Intererr.:joao batista	Data: 13-03-2007		
Diâmetro C.P.(cm):	10,17	Temperatura: 25º	Altura C.P.(cm): 6,35	
TABELA DE RESULTADOS				
	Altura do cp (cm)	Força (kgf)	Deslocamento Resiliente (mm)	Módulo Resiliente (Mpa)
CICLO 1	6,35	125,45	0,003853	2858
CICLO 2	6,35	124,85	0,003879	2825
CICLO 3	6,35	124,84	0,003952	2773
Valor Medio:				2818

RELATÓRIO DE ENSAIO DE MÓDULO - COMPRESSÃO DIAMETRAL				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ	Origem: FAIXA C	C.P. Nº 2.3		
Mistura 03 50 golpes	5.4% ligante	Est/Km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Intererr.: joao batista	Data: 13-03-2007		
Diâmetro C.P.(cm):	10,16	Temperatura: 25º	Altura C.P.(cm): 6,33	
TABELA DE RESULTADOS				
	Altura do cp (cm)	Força (kgf)	Deslocamento Resiliente (mm)	Módulo Resiliente (Mpa)
CICLO 1	6,33	96,04	0,00337	2509
CICLO 2	6,33	95,6	0,003418	2463
CICLO 3	6,33	95,61	0,003358	2507
<b>Valor Medio:</b>				<b>2493</b>

RELATÓRIO DE ENSAIO DE MÓDULO - COMPRESSÃO DIAMETRAL				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ	Origem: FAIXA C	C.P. Nº 11.3		
Mistura 03 50 golpes	5.4% ligante	Est/Km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Intererr.: joao batista	Data: 13-03-2007		
Diâmetro C.P.(cm):	10,14	Temperatura: 25º	Altura C.P.(cm): 6,44	
TABELA DE RESULTADOS				
	Altura do cp (cm)	Força (kgf)	Deslocamento Resiliente (mm)	Módulo Resiliente (Mpa)
CICLO 1	6,44	95,83	0,003346	2479
CICLO 2	6,44	95,37	0,003202	2578
CICLO 3	6,44	95,35	0,003498	2359
<b>Valor Medio:</b>				<b>2472</b>

RELATÓRIO DE ENSAIO DE MÓDULO - COMPRESSÃO DIAMETRAL				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ	Origem: FAIXA C	<b>C.P. Nº 14.3</b>		
Mistura 03 50 golpes	5.4% ligante	Est/Km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Intererr.: joao batista	Data: 13-03-2007		
Diâmetro C.P.(cm):	10,17	Temperatura: 25º	Altura C.P.(cm): 6,37	
TABELA DE RESULTADOS				
	Altura do cp (cm)	Força (kgf)	Deslocamento Resiliente (mm)	Módulo Resiliente (Mpa)
CICLO 1	6,37	95,74	0,003311	2530
CICLO 2	6,37	95,26	0,003424	2434
CICLO 3	6,37	95,25	0,003147	2648
<b>Valor Medio:</b>				<b>2537</b>

RELATÓRIO DE ENSAIO DE MÓDULO - COMPRESSÃO DIAMETRAL				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ	Origem: FAIXA C	<b>C.P. Nº 16.3</b>		
Mistura 03 50 golpes	5.4% ligante	Est/Km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Intererr.: joao batista	Data: 13-03-2007		
Diâmetro C.P.(cm):	10,15	Temperatura: 25º	Altura C.P.(cm): 6,37	
TABELA DE RESULTADOS				
	Altura do cp (cm)	Força (kgf)	Deslocamento Resiliente (mm)	Módulo Resiliente (Mpa)
CICLO 1	6,37	95,39	0,003441	2425
CICLO 2	6,37	94,95	0,003571	2326
CICLO 3	6,37	94,97	0,003537	2349
<b>Valor Medio:</b>				<b>2367</b>



RELATÓRIO DE ENSAIO DE MÓDULO - COMPRESSÃO DIAMETRAL				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ/sma	Origem: LabPavimentos	<b>C.P. Nº 86</b>		
Rodovia: UFCG	Trecho:SMA 04	Est/Km: 1 lvdts		
Operador: Ailton	Intererr.: João Batista	Data: 13-12-2006		
Diâmetro C.P.(cm)	10,17	Temperatura: 25º	Altura C.P.(cm):6,49	
TABELA DE RESULTADOS				
	Altura do cp (cm)	Força (kgf)	Deslocamento Resiliente (mm)	Módulo Resiliente (Mpa)
CICLO 1	6,49	96,7	0,001643	5054
CICLO 2	6,49	95,45	0,001983	4134
CICLO 3	6,49	95,49	0,001924	4262
<b>Valor Médio:</b>				<b>4483</b>

RELATÓRIO DE ENSAIO DE MÓDULO - COMPRESSÃO DIAMETRAL				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ/sma	Origem: LabPavimentos	<b>C.P. Nº 87</b>		
Rodovia: UFCG	Trecho:SMA 04	Est/Km: 1 lvdts		
Operador: Ailton	Intererr.: João Batista	Data: 08-12-2006		
Diâmetro C.P.(cm):	10,18	Temperatura: 25º	Altura C.P.(cm): 6,53	
TABELA DE RESULTADOS				
	Altura do cp (cm)	Força (kgf)	Deslocamento Resiliente (mm)	Módulo Resiliente (Mpa)
CICLO 1	6,53	186,49	0,003511	4533
CICLO 2	6,53	185,78	0,003762	4215
CICLO 3	6,53	185,75	0,003963	4000
<b>Valor Médio:</b>				<b>4250</b>

RELATÓRIO DE ENSAIO DE MÓDULO - COMPRESSÃO DIAMETRAL				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ/sma	Origem: LabPavimentos	C.P. Nº 88		
Rodovia: UFCG	Trecho:SMA 04	Est/Km: 1 lvdts		
Operador: Ailton	Intererr.: João Batista	Data: 08-12-2006		
Diâmetro C.P.(cm): 10,16	Temperatura: 25º	Altura C.P.(cm): 6,48		
TABELA DE RESULTADOS				
	Altura do cp (cm)	Força (kgf)	Deslocamento Resiliente (mm)	Módulo Resiliente (Mpa)
CICLO 1	6,48	155,85	0,002904	4616
CICLO 2	6,48	155,94	0,002847	4711
CICLO 3	6,48	155,93	0,002923	4588
<b>Valor Médio:</b>				<b>4638</b>

RELATÓRIO DE ENSAIO DE MÓDULO - COMPRESSÃO DIAMETRAL				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ/sma	Origem: LabPavimentos	C.P. Nº 89		
Rodovia: UFCG	Trecho:SMA 04	Est/Km: 1 lvdts		
Operador: Ailton	Intererr.: João Batista	Data: 08-12-2006		
Diâmetro C.P.(cm): 10,19	Temperatura: 25º	Altura C.P.(cm): 6,51		
TABELA DE RESULTADOS				
	Altura do cp (cm)	Força (kgf)	Deslocamento Resiliente (mm)	Módulo Resiliente (Mpa)
CICLO 1	6,51	96,95	0,001772	4684
CICLO 2	6,51	95,65	0,00171	4789
CICLO 3	6,51	95,85	0,001745	4703
<b>Valor Medio:</b>				<b>4725</b>

RELATÓRIO DE ENSAIO DE MÓDULO - COMPRESSÃO DIAMETRAL				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ/sma	Origem: LabPavimentos	<b>C.P. Nº 54</b>		
Rodovia: UFCG	Trecho:SMA 05	Est/Km: 1 lvdts		
Operador: Ailton	Intererr.: João Batista	Data: 08-12-2006		
Diâmetro C.P.(cm)	10,2	Temperatura: 25º	Altura C.P.(cm):6,38	
TABELA DE RESULTADOS				
	Altura do cp (cm)	Força (kgf)	Deslocamento Resiliente (mm)	Módulo Resiliente (Mpa)
CICLO 1	6,38	126,43	0,002903	3804
CICLO 2	6,38	125,97	0,002992	3678
CICLO 3	6,38	125,97	0,002829	3890
<b>Valor Médio:</b>				<b>3791</b>

RELATÓRIO DE ENSAIO DE MÓDULO - COMPRESSÃO DIAMETRAL				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ/sma	Origem: LabPavimentos	<b>C.P. Nº 55</b>		
Rodovia: UFCG	Trecho:SMA 05	Est/Km: 1 lvdts		
Operador: Ailton	Intererr.: João Batista	Data: 08-12-2006		
Diâmetro C.P.(cm):	10,18	Temperatura: 25º	Altura C.P.(cm): 6,40	
TABELA DE RESULTADOS				
	Altura do cp (cm)	Força (kgf)	Deslocamento Resiliente (mm)	Módulo Resiliente (Mpa)
CICLO 1	6,4	126,18	0,002987	3679
CICLO 2	6,4	125,79	0,003079	3558
CICLO 3	6,4	125,81	0,003107	3526
<b>Valor Médio:</b>				<b>3588</b>

RELATÓRIO DE ENSAIO DE MÓDULO - COMPRESSÃO DIAMETRAL				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ/sma	Origem: LabPavimentos	<b>C.P. Nº 56</b>		
Rodovia: UFCG	Trecho:SMA 05	Est/Km: 1 lvdts		
Operador: Ailton	Intererr.: João Batista	Data: 08-12-2006		
Diâmetro C.P.(cm): 10,17	Temperatura: 25º	Altura C.P.(cm): 6,36		
TABELA DE RESULTADOS				
	Altura do cp (cm)	Força (kgf)	Deslocamento Resiliente (mm)	Módulo Resiliente (Mpa)
CICLO 1	6,36	156,24	0,002888	4741
CICLO 2	6,36	155,49	0,002997	4546
CICLO 3	6,36	155,37	0,002991	4552
<b>Valor Médio:</b>				<b>4613</b>

RELATÓRIO DE ENSAIO DE MÓDULO - COMPRESSÃO DIAMETRAL				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ/sma	Origem: LabPavimentos	<b>C.P. Nº 57</b>		
Rodovia: UFCG	Trecho:SMA 05	Est/Km: 1 lvdts		
Operador: Ailton	Intererr.: João Batista	Data: 08-12-2006		
Diâmetro C.P.(cm): 10,16	Temperatura: 25º	Altura C.P.(cm): 6,43		
TABELA DE RESULTADOS				
	Altura do cp (cm)	Força (kgf)	Deslocamento Resiliente (mm)	Módulo Resiliente (Mpa)
CICLO 1	6,43	157,08	0,003274	4159
CICLO 2	6,43	155,14	0,003553	3785
CICLO 3	6,43	155,17	0,003638	3697
<b>Valor Medio:</b>				<b>3880</b>

RELATÓRIO DE ENSAIO DE MÓDULO - COMPRESSÃO DIAMETRAL				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ-CAP30-45	Origem: Lab pavimentos	<b>C.P. Nº 162</b>		
Rodovia: UFCG	Trecho: SMA 04A	Est/Km: 1 lvdts		
Operador: Ailton	Intererr.: laboratório	Data: 06-03-2007		
Diâmetro C.P.(cm): 10,14	Temperatura: 25º	Altura C.P.(cm): 6,36		
TABELA DE RESULTADOS				
	Altura do cp (cm)	Força (kgf)	Deslocamento Resiliente (mm)	Módulo Resiliente (Mpa)
CICLO 1	6,36	155,26	0,002736	4973
CICLO 2	6,36	155,32	0,003349	4064
CICLO 3	6,36	155,24	0,003339	4074
<b>Valor Medio:</b>				<b>4370</b>

RELATÓRIO DE ENSAIO DE MÓDULO - COMPRESSÃO DIAMETRAL				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ-CAP30-45	Origem: Lab pavimentos	<b>C.P. Nº 163</b>		
Rodovia: UFCG	Trecho: SMA 04A	Est/Km: 1 lvdts		
Operador: Ailton	Intererr.: laboratório	Data: 06-03-2007		
Diâmetro C.P.(cm): 10,14	Temperatura: 25º	Altura C.P.(cm): 6,33		
TABELA DE RESULTADOS				
	Altura do cp (cm)	Força (kgf)	Deslocamento Resiliente (mm)	Módulo Resiliente (Mpa)
CICLO 1	6,33	155,96	0,003088	4447
CICLO 2	6,33	156,01	0,003203	4289
CICLO 3	6,33	155,95	0,003054	4496
<b>Valor Medio:</b>				<b>4410</b>

RELATÓRIO DE ENSAIO DE MÓDULO - COMPRESSÃO DIAMETRAL				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ-CAP30-45	Origem: Lab pavimentos	<b>C.P. Nº 164</b>		
Rodovia: UFCG	Trecho: SMA 04A	Est/Km: 1 lvdts		
Operador: Ailton	Intererr.: laboratório	Data: 06-03-2007		
Diâmetro C.P.(cm): 10,16	Temperatura: 25º	Altura C.P.(cm): 6,40		
TABELA DE RESULTADOS				
	Altura do cp (cm)	Força (kgf)	Deslocamento Resiliente (mm)	Módulo Resiliente (Mpa)
CICLO 1	6,4	126	0,002424	4527
CICLO 2	6,4	126,07	0,00263	4174
CICLO 3	6,4	126,02	0,002685	4087
<b>Valor Medio:</b>				<b>4263</b>

RELATÓRIO DE ENSAIO DE MÓDULO - COMPRESSÃO DIAMETRAL				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ-CAP30-45	Origem: Lab pavimentos	<b>C.P. Nº 165</b>		
Rodovia: UFCG	Trecho: SMA 04A	Est/Km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Intererr.: laboratório	Data: 06-03-2007		
Diâmetro C.P.(cm): 10,15	Temperatura: 25º	Altura C.P.(cm): 6,36		
TABELA DE RESULTADOS				
	Altura do cp (cm)	Força (kgf)	Deslocamento Resiliente (mm)	Módulo Resiliente (Mpa)
CICLO 1	6,36	155,4	0,003473	3921
CICLO 2	6,36	155,47	0,003691	3691
CICLO 3	6,36	155,35	0,003739	3641
<b>Valor Medio:</b>				<b>3751</b>

RELATÓRIO DE ENSAIO DE MÓDULO - COMPRESSÃO DIAMETRAL				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ-CAP30-45	Origem: LabPavimentos	<b>C.P. Nº 198</b>		
Rodovia: UFCG	Trecho: SMA 05A	Est/Km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Intererr.: laboratório	Data: 06-03-2007		
Diâmetro C.P.(cm): 10,14	Temperatura: 25º	Altura C.P.(cm): 6,57		
TABELA DE RESULTADOS				
	Altura do cp (cm)	Força (kgf)	Deslocamento Resiliente (mm)	Módulo Resiliente (Mpa)
CICLO 1	6,57	155,71	0,003053	4327
CICLO 2	6,57	155,67	0,003352	3940
CICLO 3	6,57	155,62	0,00325	4062
<b>Valor Medio:</b>				<b>4109</b>

RELATÓRIO DE ENSAIO DE MÓDULO - COMPRESSÃO DIAMETRAL				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ-CAP30-45	Origem: LabPavimentos	<b>C.P. Nº 199</b>		
Rodovia: UFCG	Trecho: SMA 05A	Est/Km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Intererr.: laboratório	Data: 06-03-2007		
Diâmetro C.P.(cm): 10,2	Temperatura: 25º	Altura C.P.(cm): 6,48		
TABELA DE RESULTADOS				
	Altura do cp (cm)	Força (kgf)	Deslocamento Resiliente (mm)	Módulo Resiliente (Mpa)
CICLO 1	6,48	155,9	0,003188	4206
CICLO 2	6,48	155,87	0,003439	3898
CICLO 3	6,48	155,8	0,003421	3917
<b>Valor Medio:</b>				<b>4007</b>

RELATÓRIO DE ENSAIO DE MÓDULO - COMPRESSÃO DIAMETRAL				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ-CAP30-45	Origem: LabPavimentos	<b>C.P. Nº 200</b>		
Rodovia: UFCG	Trecho: SMA 05A	Est/Km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Intererr.: laboratório	Data: 06-03-2007		
Diâmetro C.P.(cm): 10,15	Temperatura: 25º	Altura C.P.(cm): 6,59		
TABELA DE RESULTADOS				
	Altura do cp (cm)	Força (kgf)	Deslocamento Resiliente (mm)	Módulo Resiliente (Mpa)
CICLO 1	6,59	185,82	0,003400	4622
CICLO 2	6,59	185,92	0,003812	4125
CICLO 3	6,59	185,95	0,003891	4042
<b>Valor Medio:</b>				<b>4263</b>

RELATÓRIO DE ENSAIO DE MÓDULO - COMPRESSÃO DIAMETRAL				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ-CAP30-45	Origem: LabPavimentos	<b>C.P. Nº 201</b>		
Rodovia: UFCG	Trecho: SMA 05A	Est/Km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Intererr.: laboratório	Data: 06-03-2007		
Diâmetro C.P.(cm): 10,17	Temperatura: 25º	Altura C.P.(cm): 6,47		
TABELA DE RESULTADOS				
	Altura do cp (cm)	Força (kgf)	Deslocamento Resiliente (mm)	Módulo Resiliente (Mpa)
CICLO 1	6,47	156,11	0,003029	4440
CICLO 2	6,47	154,99	0,003135	4259
CICLO 3	6,47	155,03	0,003253	4105
<b>Valor Medio:</b>				<b>4268</b>



**ENSAIO RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR  
COMPRESSÃO DIAMETRAL**

**MISTURA 01**

**MISTURA 02**

**MISTURA 03**

**MISTURA SMA 04**

**MISTURA SMA 05**

**MISTURA SMA 04-A**

**MISTURA SMA 05-A**

















# **ENSAIO DE FADIGA POR COMPRESSÃO DIAMETRAL**

**MISTURA 01**

**MISTURA 02**

**MISTURA 03**

**MISTURA SMA 04**

**MISTURA SMA 05**

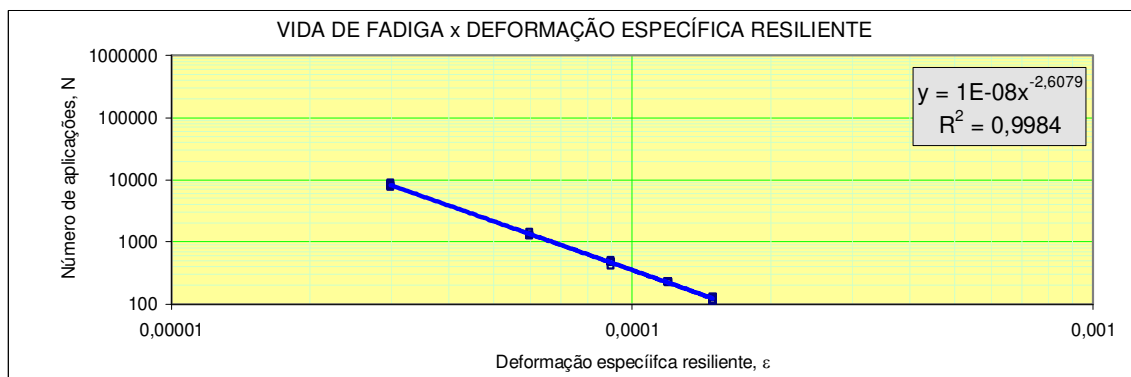
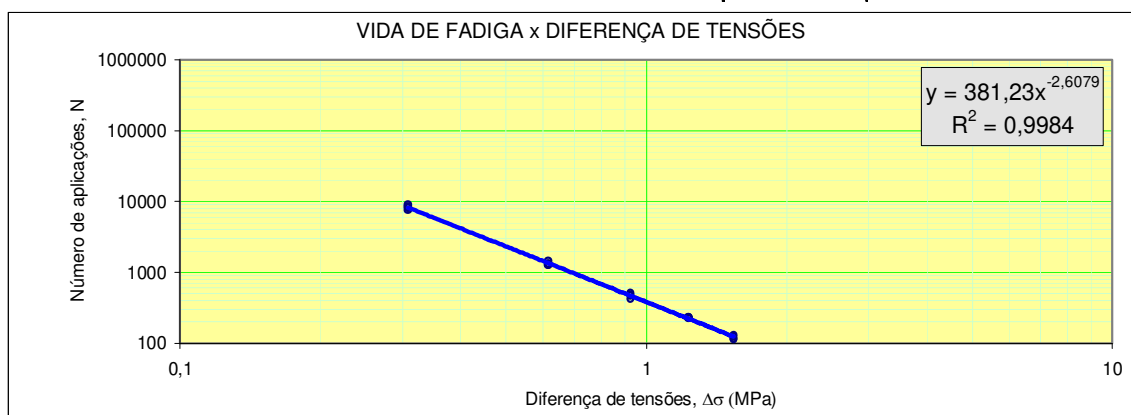
**MISTURA SMA 04-A**

**MISTURA SMA 05-A**

### ENSAIO DE FADIGA POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

Amostra:	MISTURA 01	Protocolo:
Temperatura de ensaio:	25 °C	Operador:
Módulo resiliente médio da amostra (Mpa):	2575	Interessado:
Tensão de tração estática máxima(Mpa):	0,77	Data:
		15-mar-06

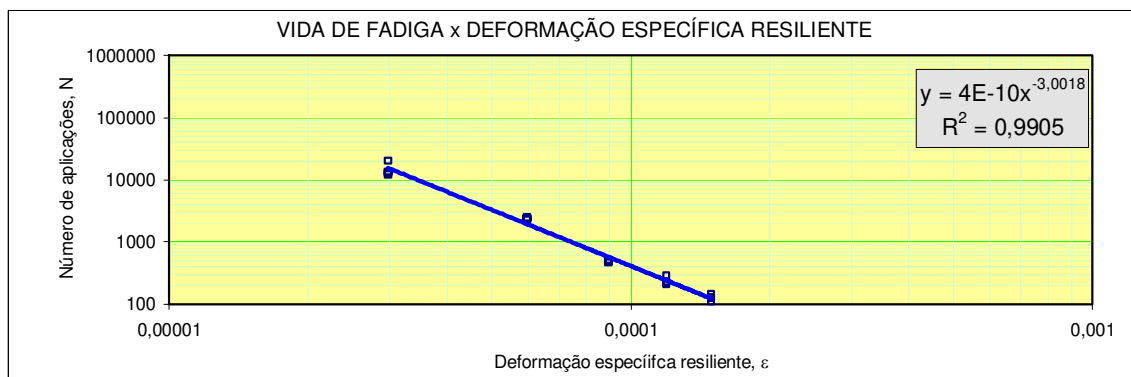
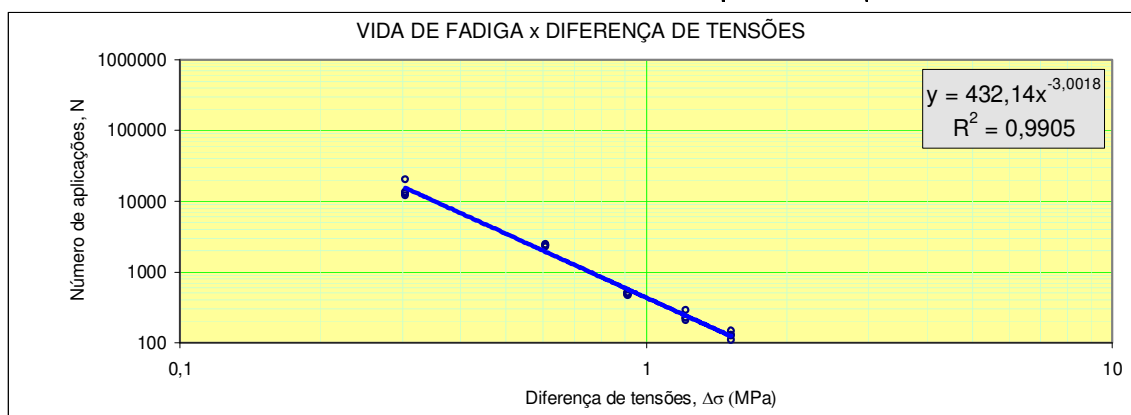
Número do corpo de prova	Espessura (cm)	Diâmetro (cm)	Nível de tensão (%)	Carga aplicada (kgf)	Deformação específica resiliente	Diferença de tensões (MPa)	Número de aplicações
19	6,34	10,18	10	79,62	0,0000299	0,31	7551
22	6,30	10,21	10	79,36	0,0000299	0,31	8926
23	6,42	10,15	10	80,39	0,0000299	0,31	8113
24	6,34	10,17	10	79,55	0,0000299	0,31	8582
10	6,31	10,19	20	158,65	0,0000598	0,62	1278
17	6,36	10,18	20	159,75	0,0000598	0,62	1317
25	6,38	10,16	20	159,94	0,0000598	0,62	1249
26	6,34	10,16	20	158,94	0,0000598	0,62	1451
13	6,36	10,16	30	239,16	0,0000897	0,92	486
14	6,33	10,17	30	238,26	0,0000897	0,92	418
31	6,36	10,14	30	238,69	0,0000897	0,92	469
4	6,38	10,14	30	239,44	0,0000897	0,92	507
16	6,36	10,18	40	319,50	0,0001196	1,23	229
21	6,43	10,15	40	322,07	0,0001196	1,23	231
28	6,32	10,17	40	317,18	0,0001196	1,23	224
32	6,43	10,16	40	322,39	0,0001196	1,23	232
1	6,35	10,17	50	398,36	0,0001495	1,54	116
5	6,32	10,15	50	395,70	0,0001495	1,54	131
8	6,43	10,16	50	402,98	0,0001495	1,54	113
12	6,35	10,16	50	397,97	0,0001495	1,54	125



### ENSAIO DE FADIGA POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

Amostra:	MISTURA 02	Protocolo:
Temperatura de ensaio:	25 °C	Operador:
Módulo resiliente médio da amostra (Mpa):	2547	Interessado:
Tensão de tração estática máxima(Mpa):	0,76	Data:
		16-mar-06

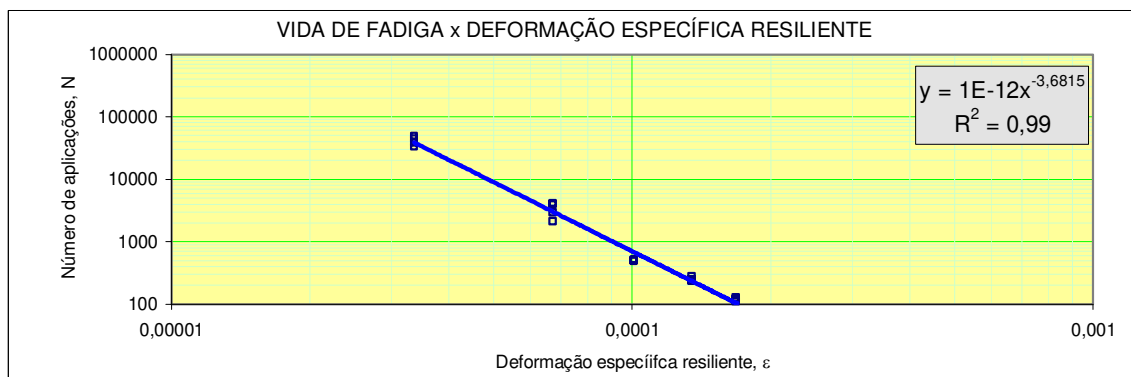
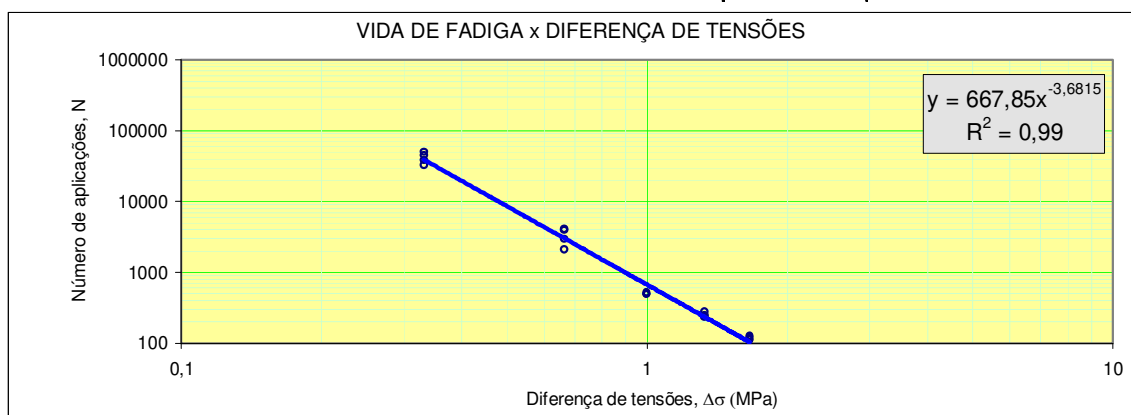
Número do corpo de prova	Espessura (cm)	Diâmetro (cm)	Nível de tensão (%)	Carga aplicada (kgf)	Deformação específica resiliente	Diferença de tensões (MPa)	Número de aplicações
18	6,39	10,15	10	78,98	0,0000298	0,30	13530
19	6,34	10,17	10	78,51	0,0000298	0,30	20368
26	6,39	10,17	10	79,13	0,0000298	0,30	12154
27	6,39	10,16	10	79,05	0,0000298	0,30	12933
11	6,35	10,18	20	157,43	0,0000597	0,61	2448
12	6,34	10,18	20	157,18	0,0000597	0,61	2388
14	6,37	10,14	20	157,30	0,0000597	0,61	2354
16	6,40	10,16	20	158,36	0,0000597	0,61	2270
15	6,36	10,17	30	236,28	0,0000895	0,91	499
22	6,37	10,15	30	236,19	0,0000895	0,91	466
23	6,37	10,15	30	236,19	0,0000895	0,91	484
6	6,36	10,16	30	236,05	0,0000895	0,91	512
2	6,35	10,17	40	314,55	0,0001194	1,22	208
4	6,40	10,14	40	316,09	0,0001194	1,22	224
7	6,39	10,15	40	315,91	0,0001194	1,22	291
9	6,36	10,15	40	314,42	0,0001194	1,22	225
24	6,36	10,18	50	394,19	0,0001492	1,52	110
13	6,36	10,17	50	393,81	0,0001492	1,52	145
3	6,35	10,16	50	392,80	0,0001492	1,52	127
32	6,35	10,15	50	392,41	0,0001492	1,52	129



### ENSAIO DE FADIGA POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

Amostra:	MISTURA 03	Protocolo:
Temperatura de ensaio:	25 °C	Operador:
Módulo resiliente médio da amostra (Mpa):	2468	Interessado:
Tensão de tração estática máxima(Mpa):	0,83	Data:
		21-mar-06

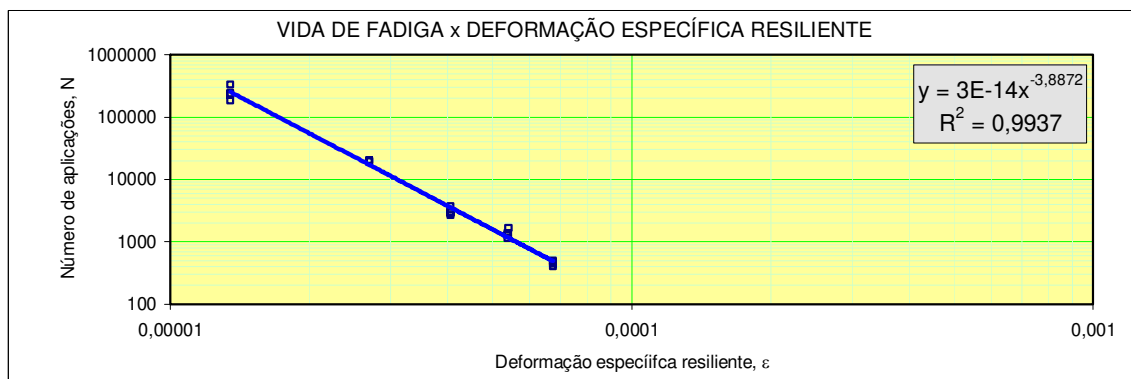
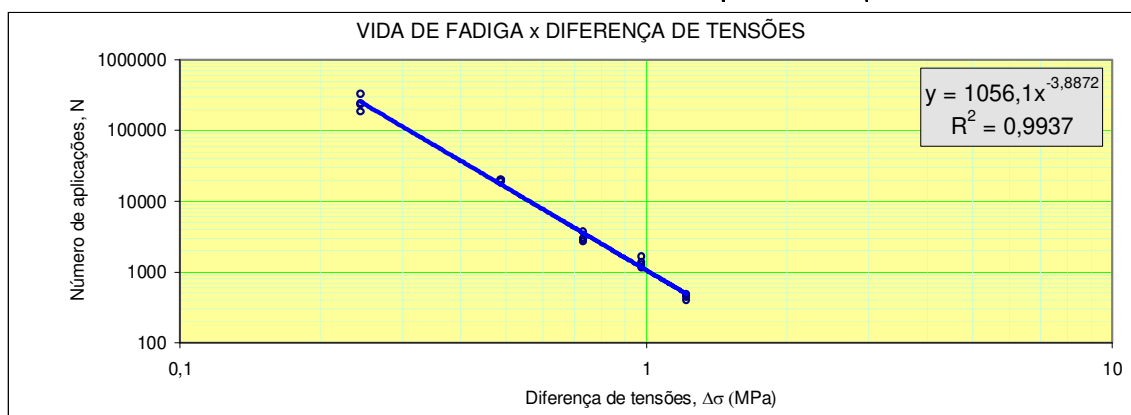
Número do corpo de prova	Espessura (cm)	Diâmetro (cm)	Nível de tensão (%)	Carga aplicada (kgf)	Deformação específica resiliente	Diferença de tensões (MPa)	Número de aplicações
23	6,30	10,15	10	85,04	0,0000336	0,33	32869
24	6,28	10,18	10	85,02	0,0000336	0,33	44886
27	6,28	10,16	10	84,85	0,0000336	0,33	38591
28	6,31	10,16	10	85,26	0,0000336	0,33	49794
19	6,35	10,15	20	171,42	0,0000673	0,66	4104
20	6,28	10,20	20	170,37	0,0000673	0,66	2946
30	6,23	10,17	20	168,51	0,0000673	0,66	3959
8	6,40	10,15	20	172,77	0,0000673	0,66	2104
12	6,43	10,14	30	260,12	0,0001009	1,00	497
15	6,41	10,17	30	260,07	0,0001009	1,00	500
17	6,32	10,14	30	255,67	0,0001009	1,00	493
21	6,25	10,16	30	253,33	0,0001009	1,00	518
10	6,34	10,16	40	342,64	0,0001345	1,33	234
13	6,37	10,15	40	343,92	0,0001345	1,33	240
22	6,33	10,13	40	341,09	0,0001345	1,33	280
5	6,39	10,15	40	345,00	0,0001345	1,33	248
3	6,40	10,16	50	432,36	0,0001682	1,66	113
4	6,47	10,14	50	436,22	0,0001682	1,66	111
6	6,43	10,16	50	434,38	0,0001682	1,66	121
7	6,34	10,14	50	427,46	0,0001682	1,66	127



### ENSAIO DE FADIGA POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

Amostra:	MISTURA SMA 04	Protocolo:
Temperatura de ensaio:	25 °C	Operador:
Módulo resiliente médio da amostra (Mpa):	4516	Interessado:
Tensão de tração estática máxima(Mpa):	0,61	Data:
		Ailton
		João Batista

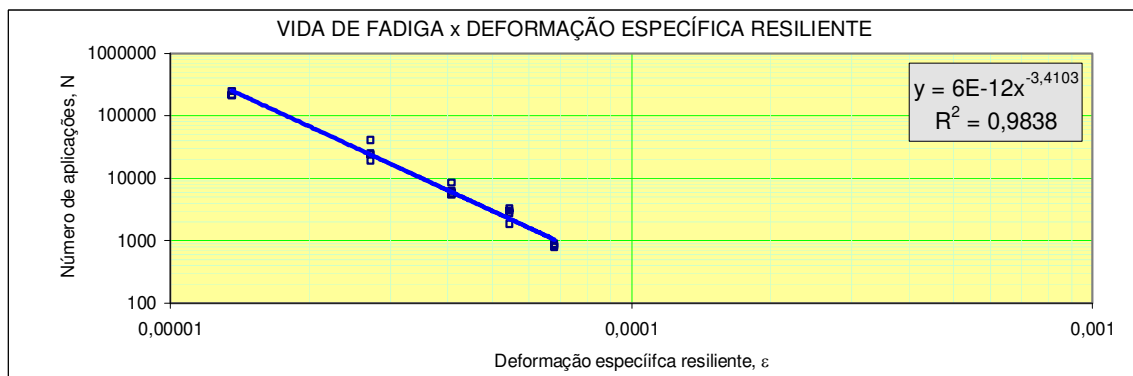
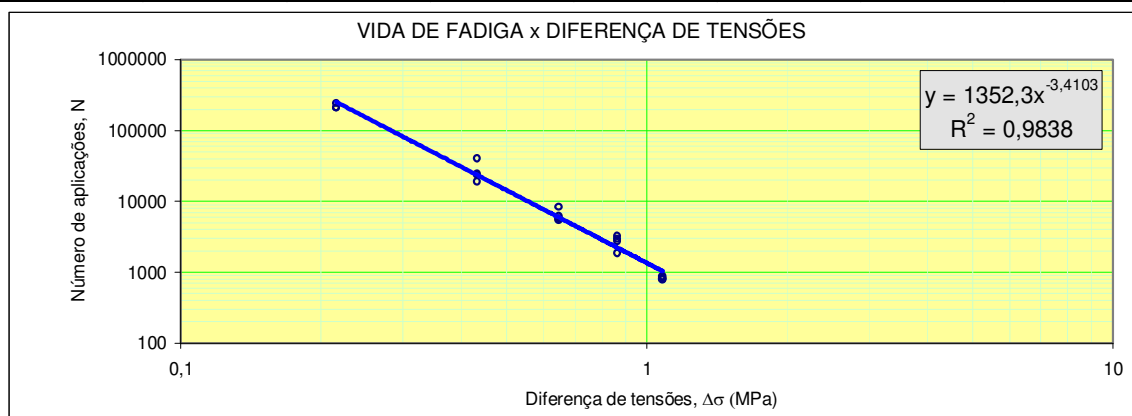
Número do corpo de prova	Espessura (cm)	Diâmetro (cm)	Nível de tensão (%)	Carga aplicada (kgf)	Deformação específica resiliente	Diferença de tensões (MPa)	Número de aplicações
110	6,44	10,18	10	64,06	0,0000135	0,24	185691
111	6,45	10,15	10	63,98	0,0000135	0,24	241626
112	6,39	10,19	10	63,64	0,0000135	0,24	232442
113	6,40	10,15	10	63,49	0,0000135	0,24	329575
106	6,39	10,16	20	126,90	0,0000270	0,49	19856
107	6,36	10,17	20	126,43	0,0000270	0,49	20335
108	6,41	10,18	20	127,55	0,0000270	0,49	19057
109	6,47	10,13	20	128,11	0,0000270	0,49	19483
102	6,46	10,13	30	191,87	0,0000405	0,73	2879
103	6,48	10,15	30	192,85	0,0000405	0,73	2661
104	6,44	10,14	30	191,47	0,0000405	0,73	3722
105	6,44	10,16	30	191,85	0,0000405	0,73	3001
98	6,49	10,15	40	257,53	0,0000540	0,98	1650
99	6,47	10,15	40	256,73	0,0000540	0,98	1365
100	6,40	10,17	40	254,45	0,0000540	0,98	1146
101	6,47	10,18	40	257,49	0,0000540	0,98	1266
94	6,60	10,19	50	328,65	0,0000675	1,22	401
95	6,48	10,18	50	322,36	0,0000675	1,22	471
96	6,44	10,16	50	319,74	0,0000675	1,22	487
97	6,58	10,16	50	326,69	0,0000675	1,22	447



### ENSAIO DE FADIGA POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

Amostra:	MISTURA SMA 05	Protocolo:
Temperatura de ensaio:	25 °C	Operador:
Módulo resiliente médio da amostra (Mpa):	3968	Interessado:
Tensão de tração estática máxima(Mpa):	0,54	Data:
		15-dez-06

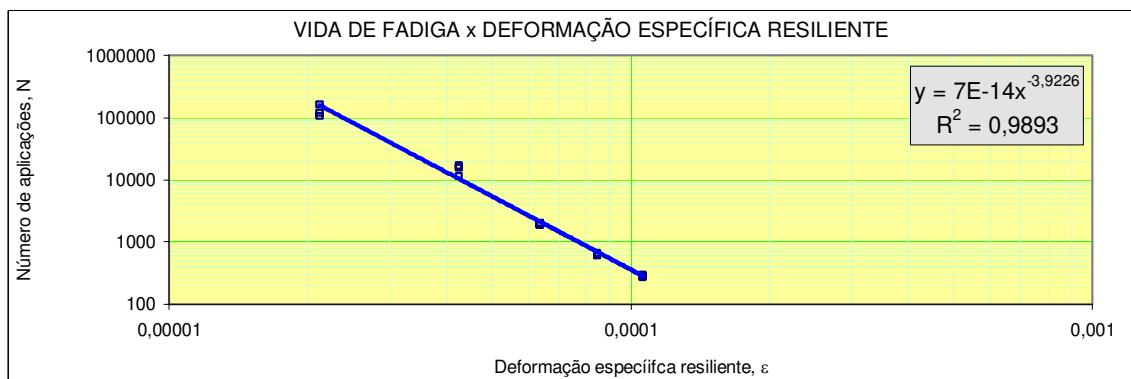
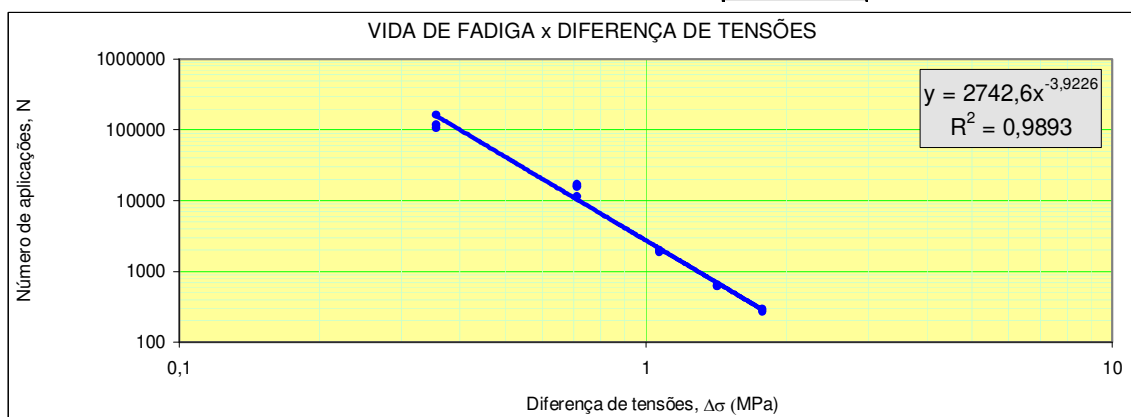
Número do corpo de prova	Espessura (cm)	Diâmetro (cm)	Nível de tensão (%)	Carga aplicada (kgf)	Deformação específica resiliente	Diferença de tensões (MPa)	Número de aplicações
78	6,45	10,13	10	56,53	0,0000136	0,22	211619
79	6,34	10,19	10	55,90	0,0000136	0,22	
80	6,41	10,17	10	56,40	0,0000136	0,22	210512
81	6,41	10,16	10	56,35	0,0000136	0,22	244358
74	6,40	10,15	20	112,41	0,0000272	0,43	40370
75	6,38	10,17	20	112,28	0,0000272	0,43	24476
76	6,40	10,16	20	112,52	0,0000272	0,43	23733
77	6,46	10,16	20	113,57	0,0000272	0,43	19008
70	6,28	10,19	30	166,10	0,0000408	0,65	6186
71	6,40	10,17	30	168,94	0,0000408	0,65	5769
72	6,45	10,18	30	170,43	0,0000408	0,65	5432
73	6,35	10,15	30	167,29	0,0000408	0,65	8408
66	6,40	10,16	40	225,03	0,0000544	0,86	2767
67	6,54	10,14	40	229,50	0,0000544	0,86	2960
68	6,39	10,15	40	224,46	0,0000544	0,86	3234
69	6,53	10,16	40	229,60	0,0000544	0,86	1849
62	6,40	10,2	50	282,40	0,0000680	1,08	835
63	6,47	10,19	50	285,21	0,0000680	1,08	785
64	6,37	10,18	50	280,52	0,0000680	1,08	875
65	6,48	10,17	50	285,09	0,0000680	1,08	805



### ENSAIO DE FADIGA POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

Amostra:	MISTURA SMA 04A	Protocolo:
Temperatura de ensaio:	25 °C	Operador:
Módulo resiliente médio da amostra (Mpa):	4200	Interessado:
Tensão de tração estática máxima(Mpa):	0,89	Data:
		10-mar-07

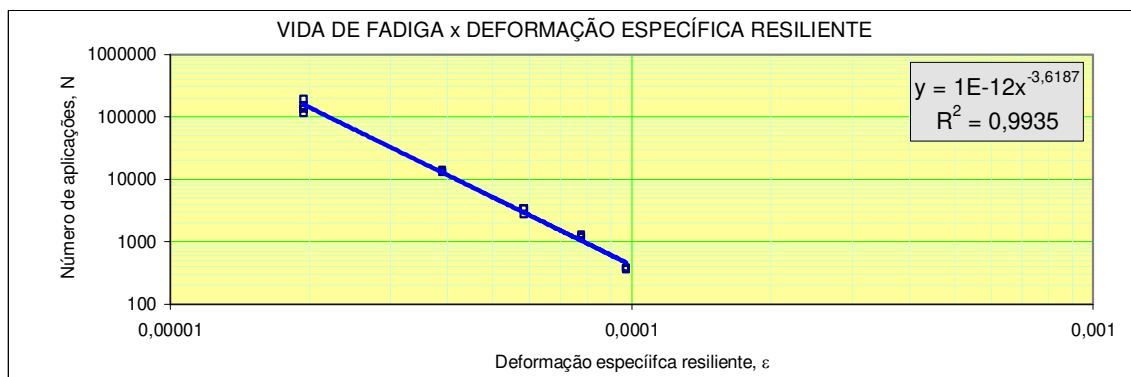
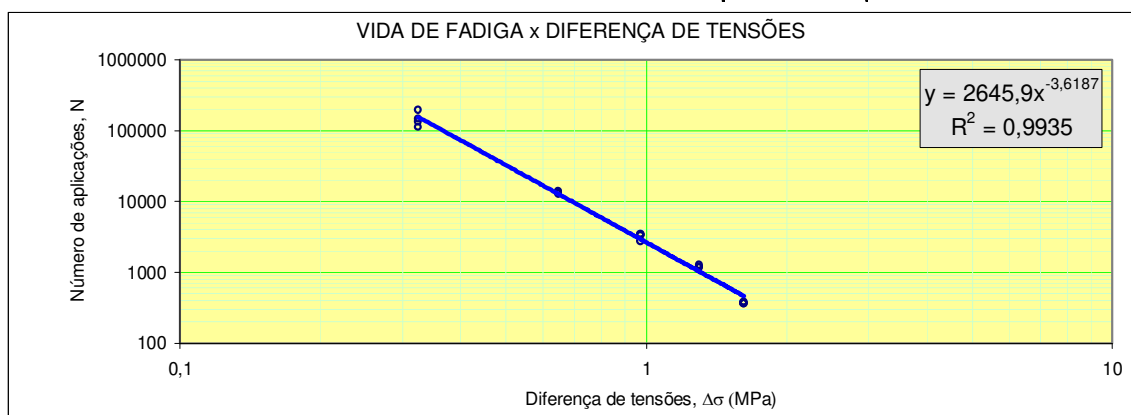
Número do corpo de prova	Espessura (cm)	Diâmetro (cm)	Nível de tensão (%)	Carga aplicada (kgf)	Deformação específica resiliente	Diferença de tensões (MPa)	Número de aplicações
186	6,44	10,15	10	93,21	0,0000212	0,36	118.882
187	6,47	10,16	10	93,74	0,0000212	0,36	106.488
188	6,46	10,16	10	93,59	0,0000212	0,36	
189	6,36	10,16	10	92,14	0,0000212	0,36	161.656
182	6,38	10,16	20	184,86	0,0000424	0,71	11.500
183	6,39	10,20	20	185,88	0,0000424	0,71	16.155
184	6,41	10,14	20	185,37	0,0000424	0,71	16.896
185	6,42	10,18	20	186,39	0,0000424	0,71	15.551
178	6,39	10,16	30	277,73	0,0000636	1,07	2.017
179	6,37	10,14	30	276,32	0,0000636	1,07	1.902
180	6,34	10,17	30	275,83	0,0000636	1,07	1.878
181	6,45	10,15	30	280,06	0,0000636	1,07	1.961
174	6,42	10,14	40	371,32	0,0000848	1,42	612
175	6,36	10,16	40	368,57	0,0000848	1,42	627
176	6,38	10,14	40	369,00	0,0000848	1,42	608
177	6,35	10,14	40	367,27	0,0000848	1,42	648
170	6,32	10,22	50	460,52	0,0001060	1,78	295
171	6,42	10,15	50	464,60	0,0001060	1,78	290
172	6,41	10,17	50	464,79	0,0001060	1,78	270
173	6,39	10,17	50	463,34	0,0001060	1,78	275



### ENSAIO DE FADIGA POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

Amostra:	MISTURA SMA 05A	Protocolo:
Temperatura de ensaio:	25 °C	Operador:
Módulo resiliente médio da amostra (Mpa):	4162	Interessado:
Tensão de tração estática máxima(Mpa):	0,81	Data:
		15-dez-06

Número do corpo de prova	Espessura (cm)	Diâmetro (cm)	Nível de tensão (%)	Carga aplicada (kgf)	Deformação específica resiliente	Diferença de tensões (MPa)	Número de aplicações
222	6,57	10,15	10	86,54	0,0000195	0,32	133658
223	6,54	10,16	10	86,23	0,0000195	0,32	147975
224	6,55	10,15	10	86,28	0,0000195	0,32	194292
225	6,55	10,15	10	86,28	0,0000195	0,32	113121
218	6,56	10,17	20	173,16	0,0000389	0,65	13955
219	6,56	10,15	20	172,82	0,0000389	0,65	13460
220	6,39	10,16	20	168,51	0,0000389	0,65	13258
221	6,41	10,15	20	168,87	0,0000389	0,65	12791
214	6,70	10,15	30	264,77	0,0000584	0,97	3340
215	6,62	10,15	30	261,61	0,0000584	0,97	3469
216	6,40	10,17	30	253,41	0,0000584	0,97	3340
217	6,55	10,15	30	258,84	0,0000584	0,97	2762
210	6,51	10,17	40	343,69	0,0000779	1,30	1182
211	6,54	10,16	40	344,93	0,0000779	1,30	1206
212	6,39	10,15	40	336,69	0,0000779	1,30	1285
213	6,39	10,17	40	337,35	0,0000779	1,30	1167
206	6,48	10,16	50	427,21	0,0000973	1,62	373
207	6,53	10,16	50	430,51	0,0000973	1,62	365
208	6,54	10,16	50	431,17	0,0000973	1,62	363
209	6,54	10,17	50	431,59	0,0000973	1,62	385





**ENSAIO DE COMPRESSÃO AXIAL DINÂMICO  
(CREEP DINÂMICO)  
LEITURA EFETUADO NO TOPO DO CORPO  
DE PROVA**

**MISTURA 01**

**MISTURA 02**

**MISTURA 03**

**MISTURA SMA 04**

**MISTURA SMA 05**

**MISTURA SMA 04-A**

**MISTURA SMA 05-A**

RESUMO DO ENSAIO DE CREEP DINÂMICO							
DEFORMAÇÃO PLÁSTICA ESPECÍFICA							
MISTURA 01(CG)							
NGolpes	CP 6.1	CP 11.1	CP 27.1	CP 30.1	Média	D. Padrão	CV %
1	0,000009	0,000016	0,000156	0,000012	1,23E-05	3,51E-06	28
2	0,000131	0,00012	0,000265	0,000143	0,000165	6,75E-05	41
3	0,000251	0,000352	0,000339	0,000362	0,000326	5,09E-05	16
4	0,000311	0,000419	0,000398	0,000432	0,00039	5,45E-05	14
5	0,000358	0,000468	0,000445	0,000488	0,00044	5,73E-05	13
10	0,000510	0,000638	0,000600	0,000658	0,000602	6,56E-05	11
15	0,000618	0,000753	0,000702	0,000773	0,000712	6,91E-05	10
20	0,000701	0,00084	0,000786	0,000857	0,000796	7,02E-05	9
30	0,000834	0,000976	0,000917	0,000991	0,00093	7,12E-05	8
40	0,000940	0,001085	0,001020	0,001093	0,001035	7,1E-05	7
50	0,001026	0,00117	0,001107	0,001177	0,00112	7,01E-05	6
60	0,001100	0,001246	0,001183	0,001249	0,001195	7E-05	6
70	0,001165	0,001312	0,001248	0,001313	0,00126	7E-05	6
80	0,001224	0,001371	0,001308	0,001373	0,001319	7,02E-05	5
90	0,001273	0,001427	0,001364	0,001426	0,001373	7,26E-05	5
100	0,001317	0,001474	0,001415	0,001472	0,00142	7,36E-05	5
200	0,001625	0,001825	0,001771	0,001817	0,00176	9,28E-05	5
300	0,001813	0,002046	0,001993	0,002025	0,001969	0,000106	5
400	0,001949	0,002204	0,002154	0,002182	0,002122	0,000117	6
500	0,002052	0,00233	0,002283	0,002303	0,002242	0,000128	6
600	0,002136	0,002433	0,002387	0,002398	0,002339	0,000136	6
700	0,002211	0,002517	0,002473	0,002484	0,002421	0,000141	6
800	0,002273	0,002599	0,002549	0,002556	0,002494	0,000149	6
900	0,002326	0,002665	0,002615	0,002617	0,002556	0,000155	6
1000	0,002376	0,002724	0,002675	0,002672	0,002612	0,000159	6
1800	0,002621	0,003054	0,002992	0,002978	0,002911	0,000196	7
2700	0,002791	0,003273	0,003198	0,003159	0,003105	0,000215	7
3600	0,002912	0,003411	0,003332	0,00328	0,003234	0,000221	7

<b>RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO</b>				
<b>DADOS DO ENSAIO</b>				
Amostra: CBUQ	Origem: Faixa C	C.P.Nº 6.1		
Rodovia: Traço 01 50 golpes	Trecho: 5,6 % ligante	Est/km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Data: 22-03-2006		
Diâmetro C.P.(cm): 10,18	Temperatura: 25º	Altura C.P. (cm): 6,32		
Peso C.P.(g): 81,39	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Força (kgf): 81,39		
<b>TABELA DE RESULTADOS</b>				
NGolpes	D.PL.	D.EL.	D.P.E.	D.E.E.
1	0,001	0,001	0,000009	0,000009
2	0,008	0,013	0,000131	0,000213
3	0,016	0,011	0,000251	0,000167
4	0,020	0,011	0,000311	0,000174
5	0,023	0,011	0,000358	0,000175
10	0,032	0,011	0,000510	0,000178
15	0,039	0,011	0,000618	0,000177
20	0,044	0,011	0,000701	0,000174
30	0,053	0,010	0,000834	0,000163
40	0,059	0,010	0,000940	0,000162
50	0,065	0,010	0,001026	0,000162
60	0,069	0,010	0,001100	0,000157
70	0,074	0,010	0,001165	0,000161
80	0,077	0,010	0,001224	0,000156
90	0,080	0,010	0,001273	0,000156
100	0,083	0,010	0,001317	0,000156
200	0,103	0,009	0,001625	0,000147
300	0,114	0,009	0,001813	0,000144
400	0,123	0,009	0,001949	0,000145
500	0,129	0,009	0,002052	0,000147
600	0,135	0,009	0,002136	0,000147
700	0,139	0,009	0,002211	0,000145
800	0,143	0,009	0,002273	0,000146
900	0,147	0,009	0,002326	0,000145
1000	0,150	0,009	0,002376	0,000141
1800	0,165	0,009	0,002621	0,000144
2700	0,176	0,010	0,002791	0,000153
3600	0,184	0,009	0,002912	0,000151

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ	Origem: Faixa C	C.P.Nº 11.1		
Rodovia: Traço 01 50 golpes	Trecho: 5,6 % ligante	Est/km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Data: 22-03-2006		
Diâmetro C.P.(cm): 10,18	Temperatura: 25º	Altura C.P. (cm): 6,28		
Peso C.P.(g): 81,39	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Força (kgf): 81,39		
TABELA DE RESULTADOS				
NGolpes	D.PL.	D.EL.	D.P.E.	D.E.E.
1	0,001	0,000	0,000016	0,000008
2	0,008	0,019	0,00012	0,000310
3	0,022	0,011	0,000352	0,000178
4	0,026	0,012	0,000419	0,000185
5	0,029	0,011	0,000468	0,000178
10	0,040	0,011	0,000638	0,000181
15	0,047	0,011	0,000753	0,000178
20	0,053	0,011	0,00084	0,000179
30	0,061	0,011	0,000976	0,000170
40	0,068	0,010	0,001085	0,000163
50	0,073	0,010	0,00117	0,000166
60	0,078	0,010	0,001246	0,000159
70	0,082	0,010	0,001312	0,000160
80	0,086	0,010	0,001371	0,000156
90	0,089	0,010	0,001427	0,000155
100	0,092	0,010	0,001474	0,000151
200	0,114	0,009	0,001825	0,000148
300	0,128	0,009	0,002046	0,000146
400	0,138	0,009	0,002204	0,000145
500	0,146	0,009	0,00233	0,000142
600	0,152	0,009	0,002433	0,000149
700	0,158	0,009	0,002517	0,000145
800	0,163	0,009	0,002599	0,000145
900	0,167	0,009	0,002665	0,000146
1000	0,171	0,009	0,002724	0,000147
1800	0,191	0,009	0,003054	0,000148
2700	0,205	0,009	0,003273	0,000149
3600	0,214	0,009	0,003411	0,000143

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ	Origem: Faixa C	C.P.Nº 27.1		
Rodovia: Traço 01 50 golpes	Trecho: 5,6 % ligante	Est/km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Data: 22-03-2006		
Diâmetro C.P.(cm): 10,16	Temperatura: 25º	Altura C.P. (cm): 6,41		
Peso C.P.(g): 81,07	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Força (kgf): 81,07		
TABELA DE RESULTADOS				
NGolpes	D.PL.	D.EL.	D.P.E.	D.E.E.
1	0,010	0,013	0,000156	0,000207
2	0,017	0,013	0,000265	0,000209
3	0,022	0,013	0,000339	0,000200
4	0,026	0,013	0,000398	0,000195
5	0,029	0,012	0,000445	0,000192
10	0,038	0,012	0,000600	0,000192
15	0,045	0,012	0,000702	0,000182
20	0,05	0,012	0,000786	0,000187
30	0,059	0,012	0,000917	0,000182
40	0,065	0,011	0,001020	0,000177
50	0,071	0,011	0,001107	0,000176
60	0,076	0,011	0,001183	0,000173
70	0,08	0,011	0,001248	0,000169
80	0,084	0,010	0,001308	0,000163
90	0,087	0,011	0,001364	0,000166
100	0,091	0,010	0,001415	0,000161
200	0,113	0,010	0,001771	0,000152
300	0,128	0,010	0,001993	0,000150
400	0,138	0,009	0,002154	0,000144
500	0,146	0,009	0,002283	0,000144
600	0,153	0,010	0,002387	0,000149
700	0,158	0,009	0,002473	0,000146
800	0,163	0,010	0,002549	0,000149
900	0,167	0,009	0,002615	0,000144
1000	0,171	0,009	0,002675	0,000147
1800	0,191	0,010	0,002992	0,000149
2700	0,204	0,010	0,003198	0,000149
3600	0,213	0,010	0,003332	0,000154

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ	Origem: Faixa C	C.P.Nº 30.1		
Rodovia: Traço 01 50 golpes	Trecho: 5,6 % ligante	Est/km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Data: 22-03-2006		
Diâmetro C.P.(cm): 10,18	Temperatura: 25º	Altura C.P. (cm): 6,38		
Peso C.P.(g): 81,39	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Força (kgf): 81,39		
TABELA DE RESULTADOS				
NGolpes	D.PL.	D.EL.	D.P.E.	D.E.E.
1	0,001	0,001	0,000012	0,000008
2	0,009	0,021	0,000143	0,000332
3	0,023	0,013	0,000362	0,000212
4	0,028	0,014	0,000432	0,000212
5	0,031	0,014	0,000488	0,000218
10	0,042	0,014	0,000658	0,000214
15	0,049	0,013	0,000773	0,000201
20	0,055	0,013	0,000857	0,000199
30	0,063	0,012	0,000991	0,000189
40	0,070	0,012	0,001093	0,000185
50	0,075	0,011	0,001177	0,000180
60	0,080	0,011	0,001249	0,000178
70	0,084	0,011	0,001313	0,000176
80	0,087	0,011	0,001373	0,000177
90	0,091	0,011	0,001426	0,000173
100	0,094	0,011	0,001472	0,000177
200	0,116	0,010	0,001817	0,000162
300	0,129	0,010	0,002025	0,000158
400	0,139	0,009	0,002182	0,000148
500	0,147	0,010	0,002303	0,000150
600	0,153	0,010	0,002398	0,000151
700	0,158	0,009	0,002484	0,000149
800	0,163	0,010	0,002556	0,000150
900	0,167	0,010	0,002617	0,000150
1000	0,170	0,009	0,002672	0,000147
1800	0,189	0,010	0,002978	0,000149
2700	0,201	0,010	0,003159	0,000152
3600	0,209	0,009	0,00328	0,000149

RESUMO DO ENSAIO DE CREEP DINÂMICO							
DEFORMAÇÃO PLÁSTICA ESPECÍFICA							
MISTURA 02 (CG)							
NGolpes	CP 20.2	CP 25.2	CP 28.2	CP 29.2	Média	D. Padrão	CV %
1	0,000004	0,000292	0,000009	0,000908	0,000007	3,54E-06	54
2	0,000177	0,000414	0,000255	0,001122	0,000492	0,000462	94
3	0,000363	0,000492	0,000553	0,001246	0,000664	0,000419	63
4	0,000430	0,000551	0,000645	0,001339	0,000741	0,00043	58
5	0,000482	0,000600	0,000714	0,001417	0,000803	0,000442	55
10	0,000665	0,000774	0,000940	0,001681	0,001015	0,000483	48
15	0,000790	0,000892	0,001082	0,001852	0,001154	0,000508	44
20	0,000888	0,000986	0,001193	0,001982	0,001262	0,000526	42
30	0,001046	0,001133	0,001359	0,002181	0,001430	0,000552	39
40	0,001167	0,001249	0,001491	0,002335	0,001561	0,00057	37
50	0,001269	0,001342	0,001599	0,002460	0,001668	0,000586	35
60	0,001354	0,001419	0,001690	0,002566	0,001757	0,0006	34
70	0,001429	0,001490	0,001769	0,002656	0,001836	0,000609	33
80	0,001499	0,001550	0,001837	0,002736	0,001906	0,000619	32
90	0,00156	0,001603	0,001900	0,002809	0,001968	0,000628	32
100	0,001617	0,001654	0,001951	0,002873	0,002024	0,000636	31
200	0,002007	0,001995	0,002306	0,003314	0,002406	0,00069	29
300	0,002249	0,002200	0,002511	0,003584	0,002636	0,000726	28
400	0,002420	0,002344	0,002651	0,003774	0,002797	0,000753	27
500	0,002546	0,002456	0,002760	0,003926	0,002922	0,000776	27
600	0,002646	0,002548	0,002848	0,004048	0,003023	0,000794	26
700	0,002732	0,002622	0,002927	0,004145	0,003107	0,000806	26
800	0,002799	0,002683	0,002990	0,004238	0,003178	0,000824	26
900	0,002859	0,002738	0,003041	0,004316	0,003239	0,000837	26
1000	0,002909	0,002784	0,003090	0,004387	0,003293	0,000851	26
1800	0,003172	0,003041	0,003351	0,004741	0,003576	0,000905	25
2700	0,003343	0,003209	0,003522	0,004972	0,003762	0,000941	25
3600	0,003455	0,003322	0,003640	0,005119	0,003884	0,000959	25

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ	Origem: Faixa C	C.P.Nº 20.2		
Rodovia: Traço 02 50 golpes	Trecho: 5,2 % ligante	Est/km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Data: 22-03-2006		
Diâmetro C.P.(cm): 10,18	Temperatura: 25º	Altura C.P. (cm): 6,35		
Peso C.P.(g): 81,39	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Força (kgf): 81,39		
TABELA DE RESULTADOS				
NGolpes	D.PL.	D.EL.	D.P.E.	D.E.E.
1	0,000	0,001	0,000004	0,000016
2	0,011	0,017	0,000177	0,000266
3	0,023	0,013	0,000363	0,000199
4	0,027	0,013	0,000430	0,000206
5	0,031	0,013	0,000482	0,000209
10	0,042	0,013	0,000665	0,000200
15	0,05	0,013	0,000790	0,000205
20	0,056	0,013	0,000888	0,000206
30	0,066	0,013	0,001046	0,000203
40	0,074	0,013	0,001167	0,000207
50	0,08	0,013	0,001269	0,000207
60	0,086	0,013	0,001354	0,000199
70	0,091	0,013	0,001429	0,000202
80	0,095	0,013	0,001499	0,000200
90	0,099	0,012	0,00156	0,000188
100	0,103	0,012	0,001617	0,000191
200	0,127	0,012	0,002007	0,000184
300	0,143	0,011	0,002249	0,000179
400	0,153	0,011	0,002420	0,000171
500	0,161	0,011	0,002546	0,000169
600	0,168	0,011	0,002646	0,000167
700	0,173	0,011	0,002732	0,000172
800	0,177	0,010	0,002799	0,000165
900	0,181	0,011	0,002859	0,000168
1000	0,184	0,011	0,002909	0,000171
1800	0,201	0,011	0,003172	0,000171
2700	0,212	0,011	0,003343	0,000168
3600	0,219	0,010	0,003455	0,000164



RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ	Origem: Faixa C	C.P.Nº 25.2		
Rodovia: Traço 02 50 golpes	Trecho: 5,2 % ligante	Est/km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Data: 22-03-2006		
Diâmetro C.P.(cm): 10,15	Temperatura: 25º	Altura C.P. (cm): 6,47		
Peso C.P.(g): 80,91	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Força (kgf): 80,91		
TABELA DE RESULTADOS				
NGolpes	D.PL.	D.EL.	D.P.E.	D.E.E.
1	0,019	0,012	0,000292	0,000191
2	0,027	0,013	0,000414	0,000204
3	0,032	0,014	0,000492	0,000216
4	0,036	0,014	0,000551	0,000212
5	0,039	0,014	0,000600	0,000214
10	0,050	0,014	0,000774	0,000214
15	0,058	0,014	0,000892	0,000215
20	0,064	0,014	0,000986	0,000209
30	0,073	0,013	0,001133	0,000206
40	0,081	0,013	0,001249	0,000206
50	0,087	0,013	0,001342	0,000202
60	0,092	0,013	0,001419	0,000196
70	0,096	0,013	0,001490	0,000195
80	0,100	0,012	0,001550	0,000189
90	0,104	0,013	0,001603	0,000195
100	0,107	0,012	0,001654	0,000192
200	0,129	0,011	0,001995	0,000177
300	0,142	0,012	0,002200	0,000179
400	0,151	0,012	0,002344	0,000181
500	0,159	0,011	0,002456	0,000177
600	0,164	0,011	0,002548	0,000177
700	0,169	0,011	0,002622	0,000170
800	0,173	0,012	0,002683	0,000179
900	0,177	0,011	0,002738	0,000173
1000	0,180	0,011	0,002784	0,000171
1800	0,196	0,011	0,003041	0,000170
2700	0,207	0,011	0,003209	0,000172
3600	0,214	0,011	0,003322	0,000169

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ	Origem: Faixa C	C.P.Nº 28.2		
Rodovia: Traço 02 50 golpes	Trecho: 5,2 % ligante	Est/km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Data: 22-03-2006		
Diâmetro C.P.(cm): 10,16	Temperatura: 25º	Altura C.P. (cm): 6,36		
Peso C.P.(g): 81,07	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Força (kgf): 81,07		
TABELA DE RESULTADOS				
NGolpes	D.PL.	D.EL.	D.P.E.	D.E.E.
1	0,001	0,002	0,000009	0,000025
2	0,016	0,023	0,000255	0,000357
3	0,035	0,015	0,000553	0,000235
4	0,041	0,015	0,000645	0,000234
5	0,045	0,016	0,000714	0,000245
10	0,060	0,016	0,000940	0,000247
15	0,069	0,015	0,001082	0,000237
20	0,076	0,015	0,001193	0,000238
30	0,086	0,015	0,001359	0,000230
40	0,095	0,015	0,001491	0,000231
50	0,120	0,014	0,001599	0,000227
60	0,107	0,014	0,001690	0,000226
70	0,112	0,014	0,001769	0,000223
80	0,117	0,014	0,001837	0,000221
90	0,121	0,014	0,001900	0,000216
100	0,124	0,013	0,001951	0,000207
200	0,146	0,012	0,002306	0,000195
300	0,159	0,012	0,002511	0,000195
400	0,168	0,012	0,002651	0,000194
500	0,175	0,012	0,002760	0,000190
600	0,181	0,012	0,002848	0,000188
700	0,186	0,012	0,002927	0,000190
800	0,190	0,012	0,002990	0,000188
900	0,193	0,012	0,003041	0,000191
1000	0,196	0,012	0,003090	0,000184
1800	0,212	0,012	0,003351	0,000184
2700	0,223	0,012	0,003522	0,000187
3600	0,231	0,012	0,003640	0,000183

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ	Origem: Faixa C	C.P.Nº 29.2		
Rodovia: Traço 02 50 golpes	Trecho: 5,2 % ligante	Est/km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Data: 22-03-2006		
Diâmetro C.P.(cm): 10,18	Temperatura: 25º	Altura C.P. (cm): 6,32		
Peso C.P.(g): 81,39	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Força (kgf): 81,39		
TABELA DE RESULTADOS				
NGolpes	D.PL.	D.EL.	D.P.E.	D.E.E.
1	0,057	0,015	0,000908	0,000233
2	0,071	0,015	0,001122	0,000239
3	0,079	0,015	0,001246	0,000239
4	0,085	0,016	0,001339	0,000246
5	0,089	0,016	0,001417	0,000247
10	0,106	0,014	0,001681	0,000228
15	0,117	0,014	0,001852	0,000221
20	0,125	0,014	0,001982	0,000225
30	0,138	0,014	0,002181	0,000220
40	0,147	0,014	0,002335	0,000219
50	0,155	0,013	0,002460	0,000207
60	0,162	0,013	0,002566	0,000212
70	0,167	0,013	0,002656	0,000207
80	0,172	0,013	0,002736	0,000205
90	0,177	0,013	0,002809	0,000205
100	0,181	0,012	0,002873	0,000198
200	0,209	0,012	0,003314	0,000196
300	0,226	0,012	0,003584	0,000196
400	0,238	0,012	0,003774	0,000198
500	0,247	0,012	0,003926	0,000190
600	0,255	0,012	0,004048	0,000188
700	0,261	0,012	0,004145	0,000191
800	0,267	0,012	0,004238	0,000192
900	0,272	0,012	0,004316	0,000186
1000	0,276	0,012	0,004387	0,000183
1800	0,298	0,012	0,004741	0,000188
2700	0,313	0,012	0,004972	0,000183
3600	0,322	0,012	0,005119	0,000186

RESUMO DO ENSAIO DE CREEP DINÂMICO							
DEFORMAÇÃO PLÁSTICA ESPECÍFICA							
MISTURA 03 (CG)							
NGolpes	CP 1.3	CP 26.3	CP 29.3	CP 32.3	Média	D. Padrão	CV %
1	0,000013		0,000225	0,000001	0,000007	8,49E-06	121
2	0,000315	0,000297	0,000267	0,000043	0,000231	0,000127	55
3	0,000784	0,000442	0,000388	0,000548	0,000541	0,000175	32
4	0,000925	0,000537	0,000436	0,000638	0,000634	0,000211	33
5	0,001037	0,000675	0,000476	0,000706	0,000724	0,000233	32
10	0,001400	0,000910	0,000611	0,000921	0,000961	0,000326	34
15	0,001617	0,001075	0,000700	0,001053	0,001111	0,000378	34
20	0,001776	0,001207	0,000772	0,001155	0,001228	0,000414	34
30	0,002003	0,001394	0,000879	0,001309	0,001396	0,000463	33
40	0,002159	0,001558	0,000965	0,001427	0,001527	0,000492	32
50	0,002277	0,001698	0,001037	0,001525	0,001634	0,000512	31
60	0,002375	0,001821	0,001099	0,001609	0,001726	0,000528	31
70	0,002458	0,001931	0,001157	0,001681	0,001807	0,000541	30
80	0,002528	0,002028	0,001205	0,001746	0,001877	0,000552	29
90	0,00259	0,002114	0,001249	0,001804	0,001939	0,000562	29
100	0,002644	0,002198	0,001291	0,001857	0,001998	0,000571	29
200	0,003002	0,002771	0,001575	0,002232	0,002395	0,000635	27
300	0,003215	0,00314	0,001751	0,002454	0,00264	0,000684	26
400	0,003363	0,003398	0,001878	0,002606	0,002811	0,000722	26
500	0,00348	0,003601	0,00198	0,002725	0,002947	0,000752	26
600	0,003566	0,003766	0,002061	0,002815	0,003052	0,000777	25
700	0,003652	0,00391	0,002125	0,002898	0,003146	0,000805	26
800	0,003719	0,004026	0,002182	0,002965	0,003223	0,000825	26
900	0,003778	0,004131	0,002231	0,003019	0,00329	0,000845	26
1000	0,00383	0,004223	0,002276	0,003075	0,003351	0,000861	26
1800	0,004129	0,004719	0,002517	0,003344	0,003677	0,000957	26
2700	0,004318	0,005046	0,002664	0,003506	0,003884	0,001028	26
3600	0,004456	0,005263	0,002762	0,003616	0,004024	0,001077	27

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ	Origem: Faixa C	C.P.Nº 1.3		
Rodovia: Traço 03 50 golpes	Trecho: 5,4 % ligante	Est/km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Data: 22-03-2006		
Diâmetro C.P.(cm): 10,17	Temperatura: 25º	Altura C.P. (cm): 6,37		
Peso C.P.(g): 81,23	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Força (kgf): 81,23		
TABELA DE RESULTADOS				
NGolpes	D.PL.	D.EL.	D.P.E.	D.E.E.
1	0,001	0,003	0,000013	0,00004
2	0,02	0,032	0,000315	0,000507
3	0,05	0,017	0,000784	0,000268
4	0,059	0,017	0,000925	0,00026
5	0,066	0,018	0,001037	0,000277
10	0,089	0,017	0,001400	0,000271
15	0,103	0,017	0,001617	0,000272
20	0,113	0,017	0,001776	0,000267
30	0,127	0,015	0,002003	0,000244
40	0,137	0,016	0,002159	0,000246
50	0,145	0,015	0,002277	0,000242
60	0,151	0,015	0,002375	0,000237
70	0,156	0,015	0,002458	0,000238
80	0,161	0,015	0,002528	0,000233
90	0,165	0,014	0,00259	0,000221
100	0,168	0,014	0,002644	0,000221
200	0,191	0,013	0,003002	0,00021
300	0,204	0,013	0,003215	0,0002
400	0,214	0,013	0,003363	0,000203
500	0,221	0,013	0,00348	0,0002
600	0,226	0,013	0,003566	0,000206
700	0,232	0,013	0,003652	0,000202
800	0,236	0,013	0,003719	0,000206
900	0,24	0,013	0,003778	0,000199
1000	0,243	0,012	0,00383	0,000197
1800	0,262	0,013	0,004129	0,000198
2700	0,274	0,012	0,004318	0,000197
3600	0,283	0,013	0,004456	0,0002

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ	Origem: Faixa C	C.P.Nº 26.3		
Rodovia: Traço 03 50 golpes	Trecho: 5,4 % ligante	Est/km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Data: 22-03-2006		
Diâmetro C.P.(cm): 10,19	Temperatura: 25º	Altura C.P. (cm): 6,33		
Peso C.P.(g): 81,55	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Força (kgf): 81,55		
TABELA DE RESULTADOS				
NGolpes	D.PL.	D.EL.	D.P.E.	D.E.E.
2	0,019	0,014	0,000297	0,000215
3	0,028	0,014	0,000442	0,000216
4	0,034	0,014	0,000537	0,000215
6	0,043	0,014	0,000675	0,000221
10	0,058	0,014	0,000910	0,000226
15	0,068	0,014	0,001075	0,000215
20	0,076	0,013	0,001207	0,000213
30	0,088	0,014	0,001394	0,000219
40	0,099	0,013	0,001558	0,00021
50	0,107	0,013	0,001698	0,000207
60	0,115	0,013	0,001821	0,000202
70	0,122	0,013	0,001931	0,000201
80	0,128	0,012	0,002028	0,000196
90	0,134	0,012	0,002114	0,000192
100	0,139	0,012	0,002198	0,000196
200	0,175	0,011	0,002771	0,000182
300	0,198	0,011	0,00314	0,000175
400	0,214	0,011	0,003398	0,000173
500	0,227	0,011	0,003601	0,000167
600	0,238	0,011	0,003766	0,00017
700	0,247	0,01	0,00391	0,000166
800	0,254	0,011	0,004026	0,000172
901	0,26	0,011	0,004131	0,000173
1000	0,266	0,01	0,004223	0,000166
1800	0,297	0,01	0,004719	0,000162
2700	0,318	0,010	0,005046	0,000159
3600	0,331	0,01	0,005263	0,00016

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ	Origem: Faixa C	C.P.Nº 29.3		
Rodovia: Traço 03 50 golpes	Trecho: 5,4 % ligante	Est/km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Data: 22-03-2006		
Diâmetro C.P.(cm): 10,17	Temperatura: 25º	Altura C.P. (cm): 6,26		
Peso C.P.(g): 81,23	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Força (kgf): 81,23		
TABELA DE RESULTADOS				
NGolpes	D.PL.	D.EL.	D.P.E.	D.E.E.
1	0,014	0,011	0,000225	0,000179
2	0,017	0,014	0,000267	0,000229
3	0,024	0,011	0,000388	0,000175
4	0,027	0,011	0,000436	0,000173
5	0,030	0,011	0,000476	0,000177
10	0,038	0,011	0,000611	0,000177
15	0,044	0,011	0,000700	0,00018
20	0,048	0,011	0,000772	0,000172
30	0,055	0,01	0,000879	0,000165
40	0,06	0,011	0,000965	0,00017
50	0,065	0,011	0,001037	0,000169
60	0,069	0,010	0,001099	0,000165
70	0,072	0,010	0,001157	0,00016
80	0,075	0,010	0,001205	0,000164
90	0,078	0,011	0,001249	0,00017
100	0,081	0,010	0,001291	0,000164
200	0,098	0,010	0,001575	0,000157
300	0,109	0,010	0,001751	0,000160
400	0,117	0,01	0,001878	0,000156
500	0,124	0,01	0,00198	0,000155
600	0,129	0,010	0,002061	0,000164
700	0,133	0,01	0,002125	0,000158
800	0,136	0,010	0,002182	0,000157
900	0,139	0,01	0,002231	0,00016
1000	0,142	0,01	0,002276	0,000156
1800	0,157	0,010	0,002517	0,000159
2700	0,166	0,010	0,002664	0,000162
3600	0,172	0,010	0,002762	0,000161

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ	Origem: Faixa C	C.P.Nº 32.3		
Rodovia: Traço 03 50 golpes	Trecho: 5,4 % ligante	Est/km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Data: 22-03-2006		
Diâmetro C.P.(cm): 10,15	Temperatura: 25º	Altura C.P. (cm): 6,34		
Peso C.P.(g): 80,91	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Força (kgf): 80,91		
TABELA DE RESULTADOS				
NGolpes	D.PL.	D.EL.	D.P.E.	D.E.E.
1	0	0,000	0,000001	0,000006
2	0,003	0,034	0,000043	0,000535
3	0,035	0,012	0,000548	0,000184
4	0,04	0,012	0,000638	0,00019
5	0,045	0,012	0,000706	0,000193
10	0,058	0,013	0,000921	0,000199
15	0,067	0,012	0,001053	0,000193
20	0,073	0,012	0,001155	0,000191
30	0,083	0,012	0,001309	0,000189
40	0,090	0,012	0,001427	0,000183
50	0,097	0,012	0,001525	0,000184
60	0,102	0,011	0,001609	0,000179
70	0,106	0,011	0,001681	0,000176
80	0,11	0,011	0,001746	0,00017
90	0,114	0,011	0,001804	0,00017
100	0,118	0,011	0,001857	0,00017
200	0,141	0,010	0,002232	0,000159
300	0,155	0,010	0,002454	0,000155
400	0,165	0,01	0,002606	0,000155
500	0,172	0,010	0,002725	0,000151
600	0,178	0,009	0,002815	0,000147
700	0,183	0,009	0,002898	0,000146
800	0,187	0,009	0,002965	0,000148
900	0,191	0,010	0,003019	0,000152
1000	0,194	0,009	0,003075	0,000148
1800	0,211	0,009	0,003344	0,000147
2700	0,222	0,009	0,003506	0,000149
3600	0,228	0,009	0,003616	0,000148



RESUMO DO ENSAIO DE CREEP DINÂMICO							
DEFORMAÇÃO PLÁSTICA ESPECÍFICA							
MISTURA SMA 04 (CG)							
NGolpes	CP93	CP92	CP91	CP90	Média	D. Padrão	CV %
1	0,000049	0,000687	0,000078	0,001996	6,35E-05	2,05E-05	32
2	0,000544	0,000932	0,001111	0,002695	0,001321	0,000946	72
3	0,002248	0,001292	0,002201	0,003609	0,002338	0,000955	41
4	0,002657	0,001474	0,002411	0,003951	0,002623	0,001021	39
5	0,002791	0,001593	0,002563	0,004237	0,002796	0,001092	39
10	0,003721	0,002149	0,003051	0,005246	0,003542	0,001306	37
15	0,004248	0,002548	0,003381	0,005938	0,004029	0,00145	36
20	0,004583	0,002857	0,003638	0,006487	0,004391	0,001565	36
30	0,005023	0,003263	0,004012	0,0073	0,0049	0,001755	36
40	0,005323	0,003550	0,004289	0,007895	0,005264	0,001899	36
50	0,00556	0,003761	0,004503	0,008361	0,005546	0,002016	36
60	0,005744	0,003932	0,004681	0,008734	0,005773	0,00211	37
70	0,005901	0,004076	0,004839	0,009022	0,00596	0,002175	36
80	0,00604	0,0042	0,004984	0,009263	0,006122	0,002226	36
90	0,006161	0,004307	0,005122	0,009477	0,006267	0,002271	36
100	0,006266	0,004402	0,005245	0,009678	0,006398	0,002316	36
200	0,006922	0,004995	0,006038	0,010856	0,007203	0,00256	36
300	0,007274	0,005332	0,006512	0,011385	0,007626	0,00263	34
400	0,007528	0,005573	0,006866	0,011736	0,007926	0,002667	34
500	0,007696	0,005741	0,007127	0,011984	0,008137	0,002693	33
600	0,00782	0,005872	0,007368	0,012185	0,008311	0,002713	33
700	0,007918	0,005981	0,007557	0,012379	0,008459	0,002745	32
800	0,008031	0,006071	0,007721	0,012522	0,008586	0,002761	32
900	0,008124	0,006159	0,007849	0,012633	0,008691	0,002768	32
1000	0,0082	0,006245	0,007953	0,012722	0,00878	0,002768	32
1800	0,008565	0,00667	0,008396	0,013108	0,009185	0,002752	30
2700	0,008756	0,006905	0,00865	0,013363	0,009419	0,002763	29
3600	0,008864	0,007028	0,008832	0,013497	0,009555	0,002764	29

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQsma	Origem: LabPavimentos	C.P.Nº 93		
Rodovia: UFCG	Trecho: SMA 04	Est/km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Interess.: João Batista	Data: 12-12-2006		
Diâmetro C.P.(cm): 10,19	Temperatura: 25º	Altura C.P. (cm): 6,46		
Peso C.P.(g): 81,55	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Força (kgf): 81,55		
TABELA DE RESULTADOS				
NGolpes	D.PL.	D.EL.	D.P.E.	D.E.E.
1	0,003	0,000	0,000049	0,000004
2	0,035	0,091	0,000544	0,001413
3	0,145	0,018	0,002248	0,000272
4	0,171	0,015	0,002657	0,000228
5	0,18	0,024	0,002791	0,00037
10	0,24	0,018	0,003721	0,000285
15	0,273	0,015	0,004248	0,000228
20	0,295	0,014	0,004583	0,000224
30	0,323	0,014	0,005023	0,000217
40	0,342	0,013	0,005323	0,000202
50	0,357	0,014	0,00556	0,00021
60	0,369	0,013	0,005744	0,000203
70	0,379	0,014	0,005901	0,000212
80	0,388	0,013	0,00604	0,000209
90	0,396	0,013	0,006161	0,00021
100	0,402	0,013	0,006266	0,000203
200	0,444	0,013	0,006922	0,000208
300	0,467	0,013	0,007274	0,00021
400	0,483	0,013	0,007528	0,000199
500	0,493	0,013	0,007696	0,000201
600	0,501	0,013	0,00782	0,000201
700	0,508	0,013	0,007918	0,000204
800	0,515	0,013	0,008031	0,000207
900	0,521	0,014	0,008124	0,000211
1000	0,525	0,013	0,0082	0,000207
1800	0,549	0,012	0,008565	0,00019
2700	0,561	0,012	0,008756	0,000187
3600	0,568	0,012	0,008864	0,00018

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQsma	Origem: LabPavimentos	C.P.Nº 92		
Rodovia: UFCG	Trecho: SMA 04	Est/km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Interess.: João Batista	Data: 12-12-2006		
Diâmetro C.P.(cm): 10,16	Temperatura: 25º	Altura C.P. (cm): 6,57		
Peso C.P.(g): 81,07	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Força (kgf): 81,07		
TABELA DE RESULTADOS				
NGolpes	D.PL.	D.EL.	D.P.E.	D.E.E.
1	0,045	0,014	0,000687	0,000208
2	0,061	0,019	0,000932	0,000287
3	0,085	0,011	0,001292	0,000161
4	0,097	0,01	0,001474	0,000157
5	0,105	0,014	0,001593	0,000213
10	0,141	0,013	0,002149	0,000195
15	0,167	0,013	0,002548	0,000193
20	0,187	0,012	0,002857	0,000177
30	0,214	0,012	0,003263	0,000181
40	0,232	0,012	0,003550	0,000181
50	0,246	0,012	0,003761	0,000182
60	0,257	0,012	0,003932	0,000185
70	0,267	0,012	0,004076	0,000184
80	0,275	0,012	0,0042	0,000183
90	0,282	0,012	0,004307	0,000181
100	0,288	0,012	0,004402	0,000187
200	0,327	0,012	0,004995	0,000183
300	0,349	0,012	0,005332	0,000182
400	0,364	0,012	0,005573	0,000177
500	0,375	0,011	0,005741	0,000175
600	0,384	0,012	0,005872	0,00018
700	0,391	0,012	0,005981	0,000177
800	0,396	0,012	0,006071	0,000179
900	0,402	0,012	0,006159	0,000178
1000	0,408	0,012	0,006245	0,000179
1800	0,435	0,012	0,00667	0,000179
2700	0,451	0,012	0,006905	0,000178
3600	0,459	0,011	0,007028	0,000166

<b>RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO</b>				
<b>DADOS DO ENSAIO</b>				
Amostra: CBUQsma	Origem: LabPavimentos	C.P.Nº 91		
Rodovia: UFCG	Trecho: SMA 04	Est/km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Interess.: João Batista	Data: 12-12-2006		
Diâmetro C.P.(cm): 10,18	Temperatura: 25º	Altura C.P. (cm): 6,52		
Peso C.P.(g): 81,39	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Força (kgf): 81,39		
<b>TABELA DE RESULTADOS</b>				
NGolpes	D.PL.	D.EL.	D.P.E.	D.E.E.
1	0,005	0,07	0,000078	0,001077
2	0,072	0,068	0,001111	0,001042
3	0,143	0,016	0,002201	0,000249
4	0,157	0,016	0,002411	0,000244
5	0,167	0,016	0,002563	0,000242
10	0,198	0,014	0,003051	0,000223
15	0,22	0,014	0,003381	0,00022
20	0,236	0,014	0,003638	0,000216
30	0,261	0,013	0,004012	0,0002
40	0,278	0,012	0,004289	0,000187
50	0,292	0,013	0,004503	0,000195
60	0,304	0,012	0,004681	0,000191
70	0,314	0,012	0,004839	0,000183
80	0,323	0,012	0,004984	0,000188
90	0,332	0,012	0,005122	0,000182
100	0,340	0,012	0,005245	0,000187
200	0,392	0,011	0,006038	0,000176
300	0,422	0,012	0,006512	0,000178
400	0,445	0,011	0,006866	0,000167
500	0,462	0,011	0,007127	0,000174
600	0,477	0,012	0,007368	0,000179
700	0,489	0,011	0,007557	0,000172
800	0,5	0,011	0,007721	0,000167
900	0,508	0,011	0,007849	0,000171
1000	0,514	0,011	0,007953	0,00017
1800	0,543	0,011	0,008396	0,000167
2701	0,559	0,011	0,00865	0,000167
3600	0,571	0,011	0,008832	0,000165

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQsma	Origem: LabPavimentos	C.P.Nº 90		
Rodovia: UFCG	Trecho: SMA 04	Est/km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Interess.: João Batista	Data: 12-12-2006		
Diâmetro C.P.(cm): 10,19	Temperatura: 25º	Altura C.P. (cm): 6,47		
Peso C.P.(g): 81,55	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Força (kgf): 81,55		
TABELA DE RESULTADOS				
NGolpes	D.PL.	D.EL.	D.P.E.	D.E.E.
1	0,129	0,057	0,001996	0,000878
2	0,174	0,056	0,002695	0,000864
3	0,233	0,023	0,003609	0,000363
4	0,255	0,022	0,003951	0,00034
5	0,273	0,023	0,004237	0,000351
10	0,338	0,023	0,005246	0,000351
15	0,382	0,022	0,005938	0,000348
20	0,417	0,021	0,006487	0,000332
30	0,469	0,022	0,0073	0,000338
40	0,507	0,02	0,007895	0,000314
50	0,537	0,02	0,008361	0,000311
60	0,560	0,02	0,008734	0,000312
70	0,579	0,019	0,009022	0,0003
80	0,594	0,019	0,009263	0,000295
90	0,608	0,018	0,009477	0,000281
100	0,62	0,017	0,009678	0,000271
200	0,696	0,014	0,010856	0,000218
300	0,729	0,013	0,011385	0,000203
400	0,751	0,013	0,011736	0,000201
500	0,766	0,012	0,011984	0,000193
600	0,779	0,012	0,012185	0,00019
700	0,791	0,012	0,012379	0,000194
800	0,8	0,012	0,012522	0,000194
900	0,807	0,012	0,012633	0,000192
1000	0,813	0,012	0,012722	0,000192
1800	0,837	0,012	0,013108	0,000188
2700	0,853	0,012	0,013363	0,000188
3600	0,862	0,012	0,013497	0,000184

RESUMO DO ENSAIO DE CREEP DINÂMICO							
DEFORMAÇÃO PLÁSTICA ESPECÍFICA							
MISTURA SMA 05 (CG)							
NGolpes	CP-58	CP-59	CP-60	CP-61	Média	D. Padrão	CV %
1	0,000008	0,000034	0,001246	0,000034	2,53E-05	1,5E-05	59
2	0,000054	0,000148	0,001926	0,000076	9,27E-05	4,92E-05	53
3	0,000681	0,001337	0,00236	0,002385	0,001691	0,000832	49
4	0,000958	0,001643	0,002626	0,002944	0,002043	0,000911	45
5	0,00106	0,001878	0,002835	0,003306	0,00227	0,001002	44
10	0,001787	0,002560	0,003514	0,004772	0,003158	0,001287	41
15	0,002294	0,003008	0,003917	0,005518	0,003684	0,001391	38
20	0,002667	0,003341	0,004219	0,006239	0,004117	0,001551	38
30	0,003225	0,003827	0,004613	0,00703	0,004674	0,00167	36
40	0,003641	0,004153	0,004890	0,007559	0,005061	0,001743	34
50	0,003979	0,0044	0,005085	0,007968	0,005358	0,001799	34
60	0,004249	0,004594	0,005239	0,008314	0,005599	0,001856	33
70	0,004465	0,004758	0,005369	0,008628	0,005805	0,001919	33
80	0,004638	0,004903	0,005481	0,008901	0,005981	0,001978	33
90	0,004793	0,005032	0,005577	0,009145	0,006137	0,002032	33
100	0,004944	0,005146	0,005665	0,009361	0,006279	0,002077	33
200	0,005929	0,005952	0,006369	0,01071	0,00724	0,002322	32
300	0,006528	0,006352	0,006751	0,011436	0,007767	0,002452	32
400	0,006962	0,006594	0,007013	0,011892	0,008115	0,002525	31
500	0,00731	0,006792	0,007225	0,012228	0,008389	0,00257	31
600	0,007639	0,006952	0,007444	0,01247	0,008626	0,002579	30
700	0,007908	0,007092	0,007589	0,012673	0,008816	0,002593	29
800	0,008142	0,007217	0,007702	0,01285	0,008978	0,002609	29
900	0,008424	0,007316	0,007797	0,012993	0,009133	0,002613	29
1000	0,008644	0,007395	0,007888	0,013114	0,00926	0,00262	28
1800	0,009868	0,007861	0,008403	0,01377	0,009976	0,002668	27
2700	0,010662	0,008177	0,008752	0,014198	0,010447	0,002717	26
3600	0,011058	0,00835	0,008952	0,014477	0,010709	0,002767	26

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQsma	Origem: LabPavimentos	C.P.Nº 58		
Rodovia: UFCG	Trecho: SMA 05	Est/km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Interess.: João Batista	Data: 07-12-2006		
Diâmetro C.P.(cm): 10,19	Temperatura: 25º	Altura C.P. (cm): 6,46		
Peso C.P.(g): 81,55	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Força (kgf): 81,55		
TABELA DE RESULTADOS				
NGolpes	D.PL.	D.EL.	D.P.E.	D.E.E.
1	0,000	0,000	0,000008	0,000006
2	0,003	0,035	0,000054	0,000544
3	0,044	0,015	0,000681	0,000225
4	0,062	0,011	0,000958	0,000168
5	0,068	0,017	0,001106	0,000262
10	0,115	0,015	0,001787	0,000232
15	0,148	0,012	0,002294	0,000187
20	0,172	0,012	0,002667	0,000189
30	0,208	0,012	0,003225	0,000194
40	0,234	0,013	0,003641	0,000199
50	0,256	0,013	0,003979	0,000202
60	0,273	0,012	0,004249	0,000194
70	0,287	0,013	0,004465	0,000198
80	0,298	0,013	0,004638	0,000207
90	0,308	0,013	0,004793	0,000208
100	0,318	0,013	0,004944	0,000205
200	0,381	0,014	0,005929	0,000218
300	0,419	0,014	0,006528	0,000212
400	0,447	0,014	0,006962	0,000216
500	0,469	0,013	0,00731	0,00021
600	0,49	0,014	0,007639	0,000211
700	0,507	0,013	0,007908	0,000206
800	0,522	0,013	0,008142	0,000209
900	0,54	0,014	0,008424	0,000221
1000	0,554	0,014	0,008644	0,000221
1800	0,632	0,014	0,009868	0,000216
2700	0,682	0,014	0,010662	0,000218
3600	0,707	0,013	0,011058	0,00021

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQsma	Origem: LabPavimentos	C.P.Nº 59		
Rodovia: UFCG	Trecho: SMA 05	Est/km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Interess.: João Batista	Data: 07-12-2006		
Diâmetro C.P.(cm): 10,17	Temperatura: 25º	Altura C.P. (cm): 6,46		
Peso C.P.(g): 81,23	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Força (kgf): 81,23		
TABELA DE RESULTADOS				
NGolpes	D.PL.	D.EL.	D.P.E.	D.E.E.
1	0,002	0,000	0,000034	0,000006
2	0,01	0,061	0,000148	0,000939
3	0,086	0,011	0,001337	0,000175
4	0,106	0,011	0,001643	0,000175
5	0,121	0,012	0,001878	0,000193
10	0,165	0,014	0,002560	0,000218
15	0,194	0,012	0,003008	0,000179
20	0,215	0,011	0,003341	0,000174
30	0,246	0,012	0,003827	0,000180
40	0,267	0,011	0,004153	0,000175
50	0,283	0,012	0,0044	0,000179
60	0,295	0,011	0,004594	0,000179
70	0,306	0,011	0,004758	0,000178
80	0,315	0,011	0,004903	0,000174
90	0,323	0,011	0,005032	0,00017
100	0,331	0,011	0,005146	0,000176
200	0,383	0,011	0,005952	0,000179
300	0,408	0,011	0,006352	0,000172
400	0,423	0,011	0,006594	0,000172
500	0,436	0,011	0,006792	0,000168
600	0,446	0,011	0,006952	0,000167
700	0,455	0,01	0,007092	0,000163
800	0,463	0,011	0,007217	0,000172
900	0,469	0,011	0,007316	0,000164
1000	0,474	0,011	0,007395	0,000174
1800	0,504	0,011	0,007861	0,000166
2700	0,524	0,010	0,008177	0,000161
3600	0,535	0,01	0,00835	0,000155



RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQsma	Origem: LabPavimentos	C.P.Nº 60		
Rodovia: UFCG	Trecho: SMA 05	Est/km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Interess.: João Batista	Data: 07-12-2006		
Diâmetro C.P.(cm): 10,19	Temperatura: 25º	Altura C.P. (cm): 6,48		
Peso C.P.(g): 81,55	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Força (kgf): 81,55		
TABELA DE RESULTADOS				
NGolpes	D.PL.	D.EL.	D.P.E.	D.E.E.
1	0,081	0,043	0,001246	0,000667
2	0,125	0,032	0,001926	0,000487
3	0,153	0,023	0,00236	0,000354
4	0,17	0,022	0,002626	0,000334
5	0,183	0,021	0,002835	0,000329
10	0,227	0,018	0,003514	0,000282
15	0,253	0,018	0,003917	0,00028
20	0,272	0,017	0,004219	0,000269
30	0,298	0,017	0,004613	0,000269
40	0,315	0,016	0,004890	0,000254
50	0,328	0,016	0,005085	0,000242
60	0,338	0,015	0,005239	0,000237
70	0,346	0,015	0,005369	0,000238
80	0,353	0,016	0,005481	0,000241
90	0,359	0,016	0,005577	0,000246
100	0,365	0,015	0,005665	0,000238
200	0,41	0,016	0,006369	0,000244
300	0,435	0,015	0,006751	0,000240
400	0,451	0,015	0,007013	0,000232
500	0,465	0,015	0,007225	0,000239
600	0,479	0,015	0,007444	0,000237
700	0,488	0,015	0,007589	0,00023
800	0,495	0,015	0,007702	0,000233
900	0,501	0,015	0,007797	0,000235
1000	0,507	0,015	0,007888	0,000232
1800	0,540	0,015	0,008403	0,000233
2700	0,562	0,014	0,008752	0,000222
3600	0,575	0,015	0,008952	0,000229

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQsma	Origem: LabPavimentos	C.P.Nº 61		
Rodovia: UFCG	Trecho: SMA 05	Est/km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Interess.: João Batista	Data: 08-12-2006		
Diâmetro C.P.(cm): 10,17	Temperatura: 25º	Altura C.P. (cm): 6,48		
Peso C.P.(g): 81,23	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Força (kgf): 81,23		
TABELA DE RESULTADOS				
NGolpes	D.PL.	D.EL.	D.P.E.	D.E.E.
1	0,002	0,000	0,000034	0,000006
2	0,005	0,126	0,000076	0,00195
3	0,155	0,02	0,002385	0,000315
4	0,19	0,02	0,002944	0,000305
5	0,214	0,024	0,003306	0,000377
10	0,308	0,016	0,004772	0,000246
15	0,356	0,022	0,005518	0,000334
20	0,402	0,014	0,006239	0,000225
30	0,453	0,014	0,00703	0,000221
40	0,486	0,015	0,007559	0,000233
50	0,512	0,015	0,007968	0,000238
60	0,535	0,015	0,008314	0,000226
70	0,554	0,014	0,008628	0,00022
80	0,572	0,014	0,008901	0,000223
90	0,587	0,015	0,009145	0,000228
100	0,601	0,014	0,009361	0,00022
200	0,688	0,013	0,01071	0,000205
300	0,733	0,013	0,011436	0,0002
400	0,762	0,013	0,011892	0,000206
500	0,783	0,012	0,012228	0,000194
600	0,798	0,013	0,01247	0,000198
700	0,811	0,013	0,012673	0,000196
800	0,822	0,012	0,01285	0,000191
900	0,831	0,013	0,012993	0,000197
1000	0,839	0,013	0,013114	0,000196
1800	0,881	0,013	0,01377	0,000205
2700	0,908	0,013	0,014198	0,000203
3600	0,925	0,013	0,014477	0,000206

RESUMO DO ENSAIO DE CREEP DINÂMICO							
DEFORMAÇÃO PLÁSTICA ESPECÍFICA							
MISTURA SMA 04A (CG)							
NGolpes	CP 166	CP 167	CP 168	CP 169	Média	D. Padrão	CV %
1	0,000265	0,000013	0,000033	0,000565	0,000219	0,000257	118
2	0,000452	0,00051	0,000121	0,000849	0,000483	0,000298	62
3	0,000653	0,000767	0,000706	0,001039	0,000791	0,000172	22
4	0,000745	0,00089	0,00088	0,001182	0,000924	0,000184	20
5	0,000827	0,000966	0,000986	0,001298	0,001019	0,000199	20
10	0,001131	0,001343	0,001518	0,001702	0,001424	0,000244	17
15	0,001313	0,001581	0,001823	0,001969	0,001672	0,000288	17
20	0,00148	0,001761	0,002041	0,002167	0,001862	0,000306	16
30	0,001735	0,002037	0,002361	0,002466	0,00215	0,000331	15
40	0,001921	0,002246	0,002592	0,002693	0,002363	0,000351	15
50	0,00207	0,002417	0,002773	0,002882	0,002536	0,000368	15
60	0,002195	0,002560	0,002921	0,003038	0,002679	0,000381	14
70	0,002304	0,002686	0,003049	0,003167	0,002802	0,00039	14
80	0,002403	0,002794	0,003159	0,003279	0,002909	0,000395	14
90	0,002491	0,00289	0,003255	0,003379	0,003004	0,0004	13
100	0,002569	0,002976	0,003343	0,003467	0,003089	0,000404	13
200	0,003091	0,003572	0,003919	0,004045	0,003657	0,000427	12
300	0,003401	0,003951	0,004259	0,004402	0,004003	0,000443	11
400	0,00361	0,004208	0,004506	0,004677	0,00425	0,000469	11
500	0,003766	0,004405	0,004697	0,004888	0,004439	0,000491	11
600	0,003888	0,004568	0,004835	0,00504	0,004583	0,000502	11
700	0,003999	0,004706	0,004942	0,005191	0,00471	0,000513	11
800	0,004142	0,004816	0,005029	0,005299	0,004822	0,000494	10
900	0,004305	0,004912	0,005107	0,005388	0,004928	0,000459	9
1000	0,004418	0,005002	0,005174	0,005462	0,005014	0,00044	9
1800	0,004868	0,005561	0,005568	0,005947	0,005485	0,000451	8
2700	0,005135	0,005839	0,005737	0,006526	0,005809	0,00057	10
3600	0,005308	0,005974	0,005844	0,006965	0,006023	0,000691	11

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ - CAP 30-45	Origem: LabPavimentos	C.P.Nº 166		
Rodovia: UFCG	Trecho: SMA 04A	Est/km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Interess.: João Batista	Data: 06-03-2007		
Diâmetro C.P.(cm): 10,15	Temperatura: 25º	Altura C.P. (cm): 6,38		
Peso C.P.(g): 80,91	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Força (kgf): 80,91		
TABELA DE RESULTADOS				
NGolpes	D.PL.	D.EL.	D.P.E.	D.E.E.
1	0,017	0,017	0,000265	0,000259
2	0,029	0,017	0,000452	0,000261
3	0,042	0,012	0,000653	0,000184
4	0,047	0,012	0,000745	0,000182
5	0,053	0,012	0,000827	0,000181
10	0,072	0,012	0,001131	0,000185
15	0,084	0,012	0,001313	0,00019
20	0,094	0,012	0,00148	0,000196
30	0,111	0,013	0,001735	0,000201
40	0,122	0,013	0,001921	0,0002
50	0,132	0,013	0,00207	0,000205
60	0,14	0,013	0,002195	0,000206
70	0,147	0,013	0,002304	0,00021
80	0,153	0,013	0,002403	0,000208
90	0,159	0,013	0,002491	0,000207
100	0,163	0,014	0,002569	0,000214
200	0,197	0,014	0,003091	0,000221
300	0,216	0,014	0,003401	0,000221
400	0,23	0,014	0,00361	0,000222
500	0,239	0,015	0,003766	0,000229
600	0,247	0,015	0,003888	0,000231
700	0,254	0,014	0,003999	0,000228
800	0,263	0,015	0,004142	0,00023
900	0,274	0,013	0,004305	0,00021
1000	0,281	0,013	0,004418	0,000204
1800	0,309	0,013	0,004868	0,000209
2700	0,326	0,014	0,005135	0,000215
3600	0,337	0,013	0,005308	0,000208

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ - CAP 30-45	Origem: LabPavimentos	C.P.Nº 167		
Rodovia: UFCG	Trecho: SMA 04A	Est/km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Interess.: João Batista	Data: 06-03-2007		
Diâmetro C.P.(cm): 10,17	Temperatura: 25º	Altura C.P. (cm): 6,43		
Peso C.P.(g): 81,23	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Força (kgf): 81,23		
TABELA DE RESULTADOS				
NGolpes	D.PL.	D.EL.	D.P.E.	D.E.E.
1	0,001	0,036	0,000013	0,000556
2	0,033	0,02	0,00051	0,000313
3	0,049	0,014	0,000767	0,000223
4	0,057	0,014	0,00089	0,000224
5	0,062	0,016	0,000966	0,000245
10	0,086	0,014	0,001343	0,000216
15	0,102	0,014	0,001581	0,000213
20	0,113	0,014	0,001761	0,000221
30	0,131	0,014	0,002037	0,000218
40	0,144	0,014	0,002246	0,00022
50	0,155	0,014	0,002417	0,00022
60	0,164	0,014	0,002560	0,00022
70	0,172	0,014	0,002686	0,000215
80	0,179	0,013	0,002794	0,000208
90	0,185	0,014	0,00289	0,000219
100	0,191	0,013	0,002976	0,00021
200	0,229	0,013	0,003572	0,00021
300	0,253	0,013	0,003951	0,000204
400	0,27	0,013	0,004208	0,000202
500	0,282	0,013	0,004405	0,000202
600	0,292	0,013	0,004568	0,000201
700	0,301	0,013	0,004706	0,000204
800	0,308	0,013	0,004816	0,0002
900	0,314	0,013	0,004912	0,000202
1000	0,320	0,013	0,005002	0,000196
1800	0,356	0,012	0,005561	0,000194
2700	0,373	0,012	0,005839	0,000188
3600	0,382	0,012	0,005974	0,000182

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ - CAP 30-45	Origem: LabPavimentos	C.P.Nº 168		
Rodovia: UFCG	Trecho: SMA 04A	Est/km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Interess.: João Batista	Data: 06-03-2007		
Diâmetro C.P.(cm): 10,15	Temperatura: 25º	Altura C.P. (cm): 6,32		
Peso C.P.(g): 80,91	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Força (kgf): 80,91		
TABELA DE RESULTADOS				
NGolpes	D.PL.	D.EL.	D.P.E.	D.E.E.
1	0,002	0,001	0,000033	0,000012
2	0,008	0,033	0,000121	0,000523
3	0,045	0,012	0,000706	0,000190
4	0,056	0,012	0,00088	0,000186
5	0,062	0,014	0,000986	0,000222
10	0,096	0,012	0,001518	0,000197
15	0,115	0,013	0,001823	0,000198
20	0,129	0,012	0,002041	0,000197
30	0,149	0,012	0,002361	0,000189
40	0,163	0,012	0,002592	0,000197
50	0,175	0,012	0,002773	0,00019
60	0,184	0,012	0,002921	0,000195
70	0,192	0,012	0,003049	0,000192
80	0,199	0,012	0,003159	0,000191
90	0,205	0,012	0,003255	0,00019
100	0,211	0,012	0,003343	0,000189
200	0,247	0,012	0,003919	0,000191
300	0,268	0,012	0,004259	0,000187
400	0,284	0,012	0,004506	0,000188
500	0,296	0,012	0,004697	0,000185
600	0,304	0,012	0,004835	0,000188
700	0,311	0,011	0,004942	0,000183
800	0,316	0,012	0,005029	0,00019
900	0,321	0,011	0,005107	0,000182
1000	0,325	0,012	0,005174	0,000184
1800	0,350	0,011	0,005568	0,000178
2700	0,361	0,011	0,005737	0,000171
3600	0,367	0,010	0,005844	0,000167

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ - CAP 30-45	Origem: LabPavimentos	C.P.Nº 169		
Rodovia: UFCG	Trecho: SMA 04A	Est/km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Interess.: João Batista	Data: 06-03-2007		
Diâmetro C.P.(cm): 10,14	Temperatura: 25º	Altura C.P. (cm): 6,37		
Peso C.P.(g): 80,75	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Força (kgf): 80,75		
TABELA DE RESULTADOS				
NGolpes	D.PL.	D.EL.	D.P.E.	D.E.E.
1	0,036	0,019	0,000565	0,000293
2	0,054	0,016	0,000849	0,000254
3	0,066	0,015	0,001039	0,000239
4	0,075	0,016	0,001182	0,000244
5	0,083	0,016	0,001298	0,000258
10	0,108	0,016	0,001702	0,000246
15	0,125	0,015	0,001969	0,000231
20	0,138	0,016	0,002167	0,000246
30	0,157	0,015	0,002466	0,000242
40	0,171	0,015	0,002693	0,000233
50	0,183	0,014	0,002882	0,000226
60	0,193	0,014	0,003038	0,000224
70	0,201	0,014	0,003167	0,000221
80	0,208	0,014	0,003279	0,000219
90	0,215	0,014	0,003379	0,000215
100	0,22	0,014	0,003467	0,000218
200	0,257	0,013	0,004045	0,000208
300	0,279	0,013	0,004402	0,000203
400	0,297	0,013	0,004677	0,000205
500	0,31	0,013	0,004888	0,000200
600	0,32	0,013	0,00504	0,0002
700	0,329	0,013	0,005191	0,000205
800	0,336	0,013	0,005299	0,000201
900	0,341	0,012	0,005388	0,000197
1000	0,346	0,013	0,005462	0,000205
1800	0,377	0,013	0,005947	0,000201
2700	0,413	0,012	0,006526	0,00019
3600	0,441	0,012	0,006965	0,00019

RESUMO DO ENSAIO DE CREEP DINÂMICO							
DEFORMAÇÃO PLÁSTICA ESPECÍFICA							
MISTURA SMA 05A (CG)							
NGolpes	CP 202	CP 203	CP 204	CP 205	Média	D. Padrão	CV %
1	0,000483	0,000163	0,000036	0,000011	0,000173	0,000217	125
2	0,001523	0,000316	0,000147	0,000122	0,000527	0,00067	127
3	0,00216	0,000388	0,001214	0,000624	0,001097	0,00079	72
4	0,002439	0,000447	0,001421	0,000766	0,001268	0,00088	69
5	0,00266	0,000495	0,001583	0,000876	0,001404	0,000951	68
10	0,003460	0,000686	0,002112	0,001261	0,00188	0,001205	64
15	0,003964	0,000824	0,002450	0,001503	0,002185	0,00136	62
20	0,004345	0,00093	0,002685	0,001665	0,002489	0,001509	61
30	0,004925	0,001095	0,003016	0,001919	0,002656	0,001646	62
40	0,005302	0,001226	0,003252	0,002095	0,002969	0,001763	59
50	0,005564	0,001334	0,003449	0,002234	0,003145	0,001831	58
60	0,005758	0,001429	0,00361	0,00235	0,003287	0,001874	57
70	0,005913	0,001513	0,003753	0,002445	0,003406	0,001907	56
80	0,006043	0,001589	0,003883	0,002528	0,003528	0,001911	54
90	0,006157	0,001656	0,003996	0,002602	0,003586	0,001978	55
100	0,006259	0,001719	0,004097	0,002669	0,003686	0,001974	54
200	0,006857	0,002175	0,004755	0,003146	0,004233	0,002047	48
300	0,007175	0,002474	0,005123	0,003461	0,004558	0,002059	45
400	0,00739	0,002682	0,005383	0,00368	0,004784	0,002065	43
500	0,007549	0,002848	0,005588	0,003849	0,004959	0,002065	42
600	0,007671	0,002978	0,005761	0,003995	0,005101	0,002063	40
700	0,007777	0,003092	0,005905	0,004114	0,005222	0,002062	39
800	0,007865	0,003182	0,006032	0,004218	0,005324	0,002063	39
900	0,00794	0,003264	0,006145	0,004305	0,005414	0,002063	38
1000	0,008009	0,003331	0,006238	0,004378	0,005489	0,002066	38
1800	0,008351	0,003767	0,006744	0,004804	0,005917	0,002039	34
2700	0,008548	0,004054	0,007052	0,005087	0,006185	0,002007	32
3600	0,008686	0,004245	0,007233	0,005294	0,006365	0,001982	31



<b>RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO</b>				
<b>DADOS DO ENSAIO</b>				
Amostra: CBUQ - CAP 30-45	Origem: LabPavimentos	C.P.Nº 202		
Rodovia: UFCG	Trecho: SMA 05A	Est/km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Interess.: João Batista	Data: 06-03-2007		
Diâmetro C.P.(cm): 10,16	Temperatura: 25º	Altura C.P. (cm): 6,62		
Peso C.P.(g): 81,07	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Força (kgf): 81,07		
<b>TABELA DE RESULTADOS</b>				
NGolpes	D.PL.	D.EL.	D.P.E.	D.E.E.
1	0,032	0,070	0,000483	0,001053
2	0,101	0,035	0,001523	0,000526
3	0,143	0,016	0,00216	0,000236
4	0,161	0,015	0,002439	0,000224
5	0,176	0,017	0,00266	0,00026
10	0,228	0,016	0,003460	0,000248
15	0,261	0,017	0,003964	0,000258
20	0,286	0,018	0,004345	0,00028
30	0,325	0,016	0,004925	0,000245
40	0,349	0,016	0,005302	0,000247
50	0,366	0,016	0,005564	0,00024
60	0,379	0,015	0,005758	0,000233
70	0,389	0,015	0,005913	0,000224
80	0,398	0,015	0,006043	0,000222
90	0,405	0,014	0,006157	0,000215
100	0,412	0,014	0,006259	0,000215
200	0,451	0,013	0,006857	0,000192
300	0,472	0,012	0,007175	0,000178
400	0,486	0,011	0,00739	0,000172
500	0,496	0,011	0,007549	0,000167
600	0,504	0,011	0,007671	0,000162
700	0,511	0,011	0,007777	0,000162
800	0,517	0,01	0,007865	0,000159
900	0,522	0,01	0,00794	0,000153
1000	0,526	0,01	0,008009	0,000156
1800	0,548	0,01	0,008351	0,000152
2700	0,561	0,010	0,008548	0,000149
3600	0,57	0,009	0,008686	0,000143

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ - CAP 30-45	Origem: LabPavimentos	C.P.Nº 203		
Rodovia: UFCG	Trecho: SMA 05A	Est/km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Interess.: João Batista	Data: 06-03-2007		
Diâmetro C.P.(cm): 10,16	Temperatura: 25º	Altura C.P. (cm): 6,57		
Peso C.P.(g): 81,07	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Força (kgf): 81,07		
TABELA DE RESULTADOS				
NGolpes	D.PL.	D.EL.	D.P.E.	D.E.E.
1	0,011	0,012	0,000163	0,000183
2	0,021	0,01	0,000316	0,000148
3	0,026	0,011	0,000388	0,000163
4	0,029	0,011	0,000447	0,000167
5	0,033	0,011	0,000495	0,000161
10	0,045	0,011	0,000686	0,00017
15	0,054	0,011	0,000824	0,000165
20	0,061	0,011	0,00093	0,000162
30	0,072	0,011	0,001095	0,000162
40	0,08	0,011	0,001226	0,000161
50	0,088	0,010	0,001334	0,000157
60	0,094	0,011	0,001429	0,000164
70	0,099	0,010	0,001513	0,000156
80	0,104	0,011	0,001589	0,000161
90	0,109	0,010	0,001656	0,00016
100	0,113	0,010	0,001719	0,000156
200	0,143	0,01	0,002175	0,000157
300	0,162	0,01	0,002474	0,000153
400	0,176	0,01	0,002682	0,000151
500	0,187	0,01	0,002848	0,000151
600	0,195	0,01	0,002978	0,000154
700	0,203	0,01	0,003092	0,00015
800	0,208	0,01	0,003182	0,000151
900	0,214	0,01	0,003264	0,000155
1000	0,218	0,01	0,003331	0,000152
1800	0,247	0,01	0,003767	0,000147
2700	0,265	0,010	0,004054	0,000151
3600	0,278	0,01	0,004245	0,000152

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ - CAP 30-45	Origem: LabPavimentos	C.P.Nº 204		
Rodovia: UFCG	Trecho: SMA 05A	Est/km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Interess.: João Batista	Data: 06-03-2007		
Diâmetro C.P.(cm): 10,16	Temperatura: 25º	Altura C.P. (cm): 6,57		
Peso C.P.(g): 81,07	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Força (kgf): 81,07		
TABELA DE RESULTADOS				
NGolpes	D.PL.	D.EL.	D.P.E.	D.E.E.
1	0,002	0,001	0,000036	0,000009
2	0,010	0,064	0,000147	0,000981
3	0,08	0,015	0,001214	0,000224
4	0,093	0,015	0,001421	0,000235
5	0,104	0,015	0,001583	0,000229
10	0,139	0,015	0,002112	0,000225
15	0,161	0,014	0,002450	0,00022
20	0,176	0,014	0,002685	0,000207
30	0,198	0,014	0,003016	0,000209
40	0,213	0,014	0,003252	0,000208
50	0,226	0,013	0,003449	0,000204
60	0,236	0,013	0,00361	0,000202
70	0,246	0,013	0,003753	0,0002
80	0,254	0,013	0,003883	0,000195
90	0,262	0,013	0,003996	0,000195
100	0,268	0,013	0,004097	0,000194
200	0,311	0,012	0,004755	0,000187
300	0,335	0,012	0,005123	0,000181
400	0,352	0,011	0,005383	0,000174
500	0,365	0,012	0,005588	0,000178
600	0,376	0,011	0,005761	0,000174
700	0,386	0,011	0,005905	0,000176
800	0,394	0,011	0,006032	0,000176
900	0,401	0,011	0,006145	0,000176
1000	0,407	0,012	0,006238	0,000177
1800	0,440	0,012	0,006744	0,000179
2700	0,46	0,011	0,007052	0,000167
3600	0,472	0,011	0,007233	0,000165

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO				
DADOS DO ENSAIO				
Amostra: CBUQ - CAP 30-45	Origem: LabPavimentos	C.P.Nº 205		
Rodovia: UFCG	Trecho: SMA 05A	Est/km: 2 lvdts		
Operador: Ailton	Interess.: João Batista	Data: 08-03-2007		
Diâmetro C.P.(cm): 10,17	Temperatura: 25º	Altura C.P. (cm): 6,49		
Peso C.P.(g): 81,23	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Força (kgf): 81,23		
TABELA DE RESULTADOS				
NGolpes	D.PL.	D.EL.	D.P.E.	D.E.E.
1	0,001	0,001	0,000011	0,000008
2	0,008	0,031	0,000122	0,000483
3	0,041	0,012	0,000624	0,000191
4	0,05	0,012	0,000766	0,000186
5	0,057	0,013	0,000876	0,000195
10	0,082	0,012	0,001261	0,000192
15	0,097	0,012	0,001503	0,000187
20	0,108	0,013	0,001665	0,000194
30	0,124	0,012	0,001919	0,000187
40	0,136	0,012	0,002095	0,00019
50	0,145	0,012	0,002234	0,000189
60	0,152	0,013	0,00235	0,000194
70	0,158	0,013	0,002445	0,000194
80	0,164	0,013	0,002528	0,000196
90	0,168	0,013	0,002602	0,000193
100	0,173	0,013	0,002669	0,000193
200	0,204	0,013	0,003146	0,000197
300	0,224	0,012	0,003461	0,000192
400	0,238	0,013	0,00368	0,000197
500	0,249	0,013	0,003849	0,000199
600	0,258	0,013	0,003995	0,000194
700	0,266	0,013	0,004114	0,000202
800	0,273	0,012	0,004218	0,000189
900	0,278	0,012	0,004305	0,000191
1000	0,283	0,012	0,004378	0,000193
1800	0,31	0,012	0,004804	0,000182
2700	0,329	0,012	0,005087	0,000183
3600	0,342	0,012	0,005294	0,000184

**ENSAIO DE COMPRESSÃO AXIAL DINÂMICO  
(CREEP DINÂMICO)  
LEITURA EFETUADO NO CENTRO DO CORPO  
DE PROVA**

**MISTURA 01**

**MISTURA 02**

**MISTURA 03**

**MISTURA SMA 04**

**MISTURA SMA 05**

**MISTURA SMA 04-A**

**MISTURA SMA 05-A**

RESUMO DO ENSAIO DE CREEP DINÂMICO							
DEFORMAÇÃO PLÁSTICA ESPECÍFICA							
MISTURA 01 (RJ)							
NGolpes	255	256	257	258	Média	D. Padrão	CV %
1	-0,000008	0,000151	0,000245	-0,000047	8,53E-05	0,000105	123
2	0,000533	0,000508	0,000415	0,000285	0,000435	0,000112	26
3	0,000765	0,000663	0,000507	0,000392	0,000582	0,000165	28
4	0,000902	0,000764	0,000567	0,000444	0,000669	0,000204	30
5	0,001019	0,000838	0,000624	0,000482	0,000741	0,000236	32
10	0,001358	0,001105	0,000795	0,000595	0,000963	0,000337	35
15	0,001538	0,001271	0,000907	0,00066	0,001094	0,000388	35
20	0,001665	0,001404	0,000994	0,000721	0,001196	0,00042	35
30	0,001856	0,001617	0,001135	0,00083	0,00136	0,000463	34
40	0,001992	0,001782	0,001247	0,000917	0,001485	0,000491	33
50	0,002083	0,00191	0,001343	0,001	0,001584	0,000501	32
60	0,002132	0,001980	0,001424	0,001075	0,001653	0,000491	30
70	0,002163	0,002021	0,001443	0,001143	0,001693	0,000481	28
80	0,00218	0,002049	0,001459	0,001207	0,001724	0,000466	27
90	0,002207	0,002081	0,001528	0,001269	0,001771	0,000446	25
100	0,00223	0,002108	0,001491	0,001329	0,00179	0,000446	25
200	0,00239	0,002292	0,001708	0,001467	0,001964	0,000448	23
300	0,002487	0,002385	0,001783	0,001694	0,002087	0,000406	19
400	0,002549	0,00244	0,001848	0,001701	0,002135	0,000422	20
500	0,002595	0,00248	0,001903	0,001813	0,002198	0,000397	18
600	0,002634	0,00251	0,001926	0,0018	0,002218	0,000416	19
700	0,002666	0,002537	0,001943	0,0019	0,002262	0,000397	18
800	0,00269	0,002553	0,001981	0,001896	0,00228	0,0004	18
900	0,00271	0,002573	0,002009	0,001973	0,002316	0,00038	16
1000	0,002726	0,002593	0,002034	0,001958	0,002328	0,000388	17
1800	0,002797	0,002665	0,002129	0,002083	0,002419	0,000365	15
2700	0,002864	0,002712	0,002199	0,002157	0,002483	0,000358	14
3600	0,002908	0,002753	0,002262	0,00223	0,002538	0,000344	14
3700	0,002283	0,002189	0,001749	0,001645	0,001967	0,000316	16
3800	0,002198	0,002104	0,001641	0,001527	0,001868	0,000333	18
3900	0,002149	0,002058	0,001591	0,001459	0,001814	0,00034	19
4000	0,002117	0,002025	0,001552	0,001411	0,001776	0,000347	20
4100	0,002095	0,002006	0,001529	0,001375	0,001751	0,000353	20
4200	0,002078	0,001992	0,001506	0,001347	0,001731	0,000359	21
4300	0,002063	0,002012	0,001491	0,00132	0,001722	0,000372	22
4400	0,002051	0,001991	0,001471	0,001299	0,001703	0,000375	22
4500	0,002041	0,001976	0,001459	0,001278	0,001689	0,000378	22

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO		
DADOS DO ENSAIO		
Amostra: CBUQ	Trecho: 5,6 % ligante	C.P.Nº 255
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Est/km: 2 lvdts
Diâmetro C.P.(cm): 10,15	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Data: 04-06-2007
		Altura C.P. (cm): 6,32
		Força (kgf): 81.91
TABELA DE RESULTADOS		
NGolpes	D.PL.	D.P.E.
1	-0.000	-0.000008
2	0.025	0.000533
3	0.036	0.000765
4	0.042	0.000902
5	0.048	0.001019
10	0.064	0.001358
15	0.072	0.001538
20	0.078	0.001665
30	0.087	0.001856
40	0.093	0.001992
50	0.097	0.002083
60	0.100	0.002132
70	0.101	0.002163
80	0.102	0.002180
90	0.103	0.002207
100	0.104	0.002230
200	0.112	0.002390
300	0.116	0.002487
400	0.119	0.002549
500	0.121	0.002595
600	0.123	0.002634
700	0.124	0.002666
800	0.126	0.002690
900	0.126	0.002710
1000	0.127	0.002726
1800	0.131	0.002797
2700	0.134	0.002864
3600	0.136	0.002908
3700	0.107	0.002283
3800	0.103	0.002198
3900	0.100	0.002149
4000	0.099	0.002117
4100	0.098	0.002095
4200	0.097	0.002078
4300	0.096	0.002063
4400	0.096	0.002051
4500	0.095	0.002041

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO		
DADOS DO ENSAIO		
Amostra: CBUQ	Trecho: 5,6 % ligante	C.P.Nº 256
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Est/km: 2 lvdts
Diâmetro C.P.(cm): 10,15	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Data:04-06-2007
		Altura C.P. (cm): 6,32
		Força (kgf): 81.91
TABELA DE RESULTADOS		
NGolpes	D.PL.	D.P.E.
1	0.007	0.000151
2	0.024	0.000508
3	0.031	0.000663
4	0.036	0.000764
5	0.039	0.000838
10	0.052	0.001105
15	0.059	0.001271
20	0.066	0.001404
30	0.076	0.001617
40	0.083	0.001782
50	0.089	0.001910
60	0.093	0.001980
70	0.094	0.002021
80	0.096	0.002049
90	0.097	0.002081
100	0.098	0.002108
200	0.107	0.002292
300	0.111	0.002385
400	0.114	0.002440
500	0.116	0.002480
600	0.117	0.002510
700	0.118	0.002537
800	0.119	0.002553
900	0.120	0.002573
1000	0.121	0.002593
1800	0.124	0.002665
2700	0.127	0.002717
3600	0.128	0.002753
3700	0.102	0.002189
3800	0.098	0.002104
3900	0.096	0.002058
4000	0.095	0.002025
4100	0.094	0.002006
4200	0.093	0.001992
4300	0.094	0.002012
4400	0.093	0.001991
4500	0.092	0.001976



RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO		
DADOS DO ENSAIO		
Amostra: CBUQ	Trecho: 5,6 % ligante	C.P.Nº 257
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Est/km: 2 lvdts
Diâmetro C.P.(cm): 10,15	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Data: 05-06-2007
		Altura C.P. (cm): 6,32
		Força (kgf): 81.91
TABELA DE RESULTADOS		
NGolpes	D.PL.	D.P.E.
1	0.011	0.000245
2	0.019	0.000415
3	0.024	0.000507
4	0.026	0.000567
5	0.029	0.000624
10	0.037	0.000795
15	0.042	0.000907
20	0.046	0.000994
30	0.053	0.001135
40	0.058	0.001247
50	0.063	0.001343
60	0.066	0.001424
70	0.067	0.001443
80	0.068	0.001459
90	0.070	0.001491
100	0.071	0.001528
200	0.080	0.001708
300	0.083	0.001783
400	0.086	0.001848
500	0.089	0.001903
600	0.090	0.001926
700	0.091	0.001943
800	0.092	0.001981
900	0.094	0.002009
1000	0.095	0.002036
1800	0.099	0.002129
2700	0.102	0.002199
3600	0.105	0.002262
3700	0.082	0.001749
3800	0.077	0.001641
3900	0.074	0.001591
4000	0.072	0.001552
4100	0.071	0.001529
4200	0.070	0.001506
4300	0.070	0.001491
4400	0.069	0.001471
4500	0.068	0.001459

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO		
DADOS DO ENSAIO		
Amostra: CBUQ	Trecho: 5,6 % ligante	C.P.Nº 258
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Est/km: 2 lvdts
Diâmetro C.P.(cm): 10,15	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Data: 05-06-2007
		Altura C.P. (cm): 6,32
		Força (kgf): 80.91
TABELA DE RESULTADOS		
NGolpes	D.PL.	D.P.E.
1	-0.002	-0.000047
2	0.013	0.000285
3	0.018	0.000392
4	0.020	0.000444
5	0.022	0.000482
10	0.027	0.000595
15	0.030	0.000660
20	0.033	0.000721
30	0.038	0.000830
40	0.042	0.000917
50	0.046	0.001000
60	0.049	0.001075
70	0.053	0.001143
80	0.055	0.001207
90	0.058	0.001269
100	0.061	0.001329
200	0.067	0.001467
300	0.078	0.001694
400	0.078	0.001701
500	0.083	0.001813
600	0.083	0.001800
700	0.087	0.001900
800	0.087	0.001896
900	0.091	0.001973
1000	0.090	0.001958
1800	0.096	0.002083
2700	0.099	0.002157
3600	0.102	0.002230
3700	0.076	0.001645
3800	0.070	0.001527
3900	0.067	0.001459
4000	0.065	0.001411
4100	0.063	0.001375
4200	0.062	0.001347
4300	0.061	0.001320
4400	0.060	0.001299
4500	0.059	0.001278

RESUMO DO ENSAIO DE CREEP DINÂMICO							
DEFORMAÇÃO PLÁSTICA ESPECÍFICA							
MISTURA 02 (RJ)							
NGolpes	259	260	261	262	Média	D. Padrão	CV %
1	0,000127	-0,00004	0,00016	-0,000027	0,000144	2,33E-05	16
2	0,000232	0,000069	0,000425	0,000147	0,000218	0,000153	70
3	0,000292	0,000112	0,000549	0,000181	0,000284	0,000192	68
4	0,00033	0,000156	0,000629	0,000199	0,000329	0,000214	65
5	0,000364	0,000201	0,000693	0,00022	0,00037	0,000228	62
10	0,000474	0,000414	0,000909	0,000324	0,00053	0,00026	49
15	0,000561	0,000537	0,001048	0,000415	0,00064	0,000279	44
20	0,000637	0,000631	0,001157	0,000504	0,000732	0,00029	40
30	0,000761	0,000772	0,001315	0,000649	0,000874	0,000299	34
40	0,000862	0,000849	0,001425	0,000698	0,000959	0,00032	33
50	0,000945	0,000878	0,001490	0,000707	0,001005	0,000339	34
60	0,001019	0,000913	0,001533	0,000709	0,001044	0,000351	34
70	0,001088	0,000933	0,001559	0,000725	0,001076	0,000355	33
80	0,001148	0,000946	0,001587	0,000758	0,00111	0,000356	32
90	0,001206	0,000954	0,001614	0,000796	0,001143	0,000357	31
100	0,001258	0,00097	0,001638	0,000837	0,001176	0,000355	30
200	0,001355	0,001129	0,001786	0,000983	0,001313	0,00035	27
300	0,001512	0,001218	0,001867	0,001032	0,001407	0,000365	26
400	0,001527	0,001304	0,001918	0,001095	0,001461	0,000352	24
500	0,001631	0,001353	0,001985	0,001119	0,001522	0,000373	25
600	0,001623	0,001372	0,002016	0,001142	0,001538	0,000374	24
700	0,001707	0,001439	0,002031	0,001158	0,001584	0,000373	24
800	0,001682	0,001446	0,002049	0,001159	0,001584	0,000377	24
900	0,001739	0,001472	0,002062	0,001173	0,001612	0,000379	24
1000	0,001732	0,001498	0,002075	0,001196	0,001625	0,000372	23
1800	0,001834	0,001621	0,002157	0,001271	0,001721	0,000372	22
2700	0,001913	0,00169	0,002246	0,00134	0,001797	0,000381	21
3600	0,001949	0,001756	0,002303	0,001368	0,001844	0,00039	21
3700	0,0015	0,001386	0,001834	0,000898	0,001405	0,000388	28
3800	0,001414	0,001306	0,001745	0,00082	0,001321	0,000383	29
3900	0,001365	0,001256	0,001696	0,000768	0,001271	0,000384	30
4000	0,001327	0,001222	0,001659	0,000737	0,001236	0,000381	31
4100	0,0013	0,001194	0,001635	0,000717	0,001212	0,000379	31
4200	0,00128	0,001175	0,0016	0,0007	0,001189	0,000373	31
4300	0,001263	0,001158	0,00158	0,000683	0,001171	0,000372	32
4400	0,001249	0,001145	0,001557	0,000668	0,001155	0,000369	32
4500	0,001238	0,001136	0,001545	0,000657	0,001144	0,000368	32

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO		
DADOS DO ENSAIO		
Amostra: CBUQ	Trecho: 5,2 % ligante	C.P.Nº 259
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Est/km: 2 lvdts
Diâmetro C.P.(cm): 10,16	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Data:06-06-2007
		Altura C.P. (cm): 6,55
		Força (kgf): 81.07
TABELA DE RESULTADOS		
NGolpes	D.PL.	D.P.E.
1	0,006	0,000127
2	0,011	0,000232
3	0,014	0,000292
4	0,015	0,00033
5	0,017	0,000364
10	0,022	0,000474
15	0,026	0,000561
20	0,03	0,000637
30	0,036	0,000761
40	0,04	0,000862
50	0,044	0,000945
60	0,048	0,001019
70	0,051	0,001088
80	0,054	0,001148
90	0,057	0,001206
100	0,059	0,001258
200	0,063	0,001355
300	0,071	0,001512
400	0,071	0,001527
500	0,076	0,001631
600	0,076	0,001623
700	0,08	0,001707
800	0,079	0,001682
900	0,081	0,001739
1000	0,081	0,001732
1800	0,086	0,001834
2700	0,09	0,001913
3600	0,091	0,001949
3700	0,07	0,0015
3800	0,066	0,001414
3900	0,064	0,001365
4000	0,062	0,001327
4100	0,061	0,0013
4200	0,06	0,00128
4300	0,059	0,001263
4400	0,059	0,001249
4500	0,058	0,001238

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO		
DADOS DO ENSAIO		
Amostra: CBUQ	Trecho: 5,2 % ligante	C.P.Nº 260
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Est/km: 2 lvdts
Diâmetro C.P.(cm): 10,16	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Data: 05-06-2007
		Altura C.P. (cm): 6,55
		Força (kgf): 81.07
TABELA DE RESULTADOS		
NGolpes	D.PL.	D.P.E.
1	-0,002	-0,00004
2	0,003	0,000069
3	0,005	0,000112
4	0,007	0,000156
5	0,009	0,000201
10	0,019	0,000414
15	0,025	0,000537
20	0,03	0,000631
30	0,036	0,000772
40	0,04	0,000849
50	0,041	0,000878
60	0,043	0,000913
70	0,044	0,000933
80	0,044	0,000946
90	0,045	0,000954
100	0,045	0,00097
200	0,053	0,001129
300	0,057	0,001218
400	0,061	0,001304
500	0,063	0,001353
600	0,064	0,001372
700	0,067	0,001439
800	0,068	0,001446
900	0,069	0,001472
1000	0,07	0,001498
1800	0,076	0,001621
2700	0,079	0,00169
3600	0,082	0,001756
3700	0,065	0,001386
3800	0,061	0,001306
3900	0,059	0,001256
4000	0,057	0,001222
4100	0,056	0,001194
4200	0,055	0,001175
4300	0,054	0,001158
4400	0,054	0,001145
4500	0,053	0,001136

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO		
DADOS DO ENSAIO		
Amostra: CBUQ	Trecho: 5,2 % ligante	C.P.Nº 261
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Est/km: 2 lvdts
Diâmetro C.P.(cm): 10,16	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Data: 05-06-2007
		Altura C.P. (cm): 6,55
		Força (kgf): 81.07
TABELA DE RESULTADOS		
NGolpes	D.PL.	D.P.E.
1	0,007	0,00016
2	0,02	0,000425
3	0,025	0,000549
4	0,029	0,000629
5	0,032	0,000693
10	0,042	0,000909
15	0,048	0,001048
20	0,053	0,001157
30	0,061	0,001315
40	0,066	0,001425
50	0,069	0,00149
60	0,071	0,001533
70	0,072	0,001559
80	0,073	0,001587
90	0,074	0,001614
100	0,075	0,001638
200	0,082	0,001786
300	0,086	0,001867
400	0,088	0,001918
500	0,091	0,001985
600	0,093	0,002016
700	0,093	0,002031
800	0,094	0,002049
900	0,095	0,002062
1000	0,095	0,002075
1800	0,099	0,002157
2700	0,103	0,002246
3600	0,106	0,002303
3700	0,084	0,001834
3800	0,08	0,001745
3900	0,078	0,001696
4000	0,076	0,001659
4100	0,075	0,001635
4200	0,074	0,0016
4300	0,073	0,00158
4400	0,072	0,001557
4500	0,071	0,001545

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO		
DADOS DO ENSAIO		
Amostra: CBUQ	Trecho: 5,2 % ligante	C.P.Nº 262
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Est/km: 2 lvdts
Diâmetro C.P.(cm): 10,16	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Data: 13-06-2007
		Altura C.P. (cm): 6,55
		Força (kgf): 80.07
TABELA DE RESULTADOS		
NGolpes	D.PL.	D.P.E.
1	-0,001	-0,000027
2	0,007	0,000147
3	0,008	0,000181
4	0,009	0,000199
5	0,01	0,00022
10	0,015	0,000324
15	0,019	0,000415
20	0,023	0,000504
30	0,03	0,000649
40	0,032	0,000698
50	0,033	0,000707
60	0,033	0,000709
70	0,033	0,000725
80	0,035	0,000758
90	0,037	0,000796
100	0,038	0,000837
200	0,045	0,000983
300	0,047	0,001032
400	0,05	0,001095
500	0,051	0,001119
600	0,052	0,001142
700	0,053	0,001158
800	0,053	0,001159
900	0,054	0,001173
1000	0,055	0,001196
1800	0,058	0,001271
2700	0,062	0,00134
3600	0,063	0,001368
3700	0,041	0,000898
3800	0,038	0,00082
3900	0,035	0,000768
4000	0,034	0,000737
4100	0,033	0,000717
4200	0,032	0,0007
4300	0,031	0,000683
4400	0,031	0,000668
4500	0,03	0,000657

RESUMO DO ENSAIO DE CREEP DINÂMICO							
DEFORMAÇÃO PLÁSTICA ESPECÍFICA							
MISTURA 03 (RJ)							
NGolpes	263	264	265	266	Média	D. Padrão	CV %
1	-0,000059	-0,000024	0,000309	-0,000014	-3,65E-05	3,18E-05	-87
2	0,000393	0,00031	0,000975	0,000654	0,000583	0,0003	51
3	0,000708	0,000453	0,001232	0,000903	0,000824	0,000329	40
4	0,000877	0,000516	0,001395	0,001054	0,000961	0,000366	38
5	0,000991	0,00056	0,001508	0,001172	0,001058	0,000395	37
10	0,001296	0,000688	0,001807	0,001546	0,001334	0,000479	36
15	0,001476	0,000782	0,001995	0,001793	0,001512	0,000531	35
20	0,001564	0,000854	0,002149	0,001987	0,001639	0,000578	35
30	0,001622	0,000975	0,002374	0,002266	0,001809	0,000648	36
40	0,001669	0,001064	0,002549	0,002487	0,001942	0,00071	37
50	0,001714	0,00114	0,002689	0,002665	0,002052	0,000759	37
60	0,001749	0,001209	0,002815	0,002813	0,002147	0,000802	37
70	0,001776	0,001275	0,002917	0,002938	0,002227	0,000835	37
80	0,001797	0,001333	0,003004	0,003055	0,002297	0,000867	38
90	0,001816	0,001372	0,003084	0,003165	0,002359	0,000903	38
100	0,001831	0,001383	0,003158	0,003264	0,002409	0,000945	39
200	0,002034	0,001528	0,003374	0,003432	0,002592	0,000959	37
300	0,002117	0,001582	0,0036	0,00365	0,002737	0,001048	38
400	0,002147	0,001668	0,003601	0,003806	0,002806	0,001059	38
500	0,002207	0,001682	0,003721	0,003846	0,002864	0,001084	38
600	0,00227	0,001717	0,003711	0,003999	0,002924	0,001104	38
700	0,002267	0,001751	0,0038	0,003967	0,002946	0,001105	37
800	0,002335	0,001752	0,003797	0,004084	0,002992	0,001127	38
900	0,002319	0,001786	0,003856	0,004051	0,003003	0,001122	37
1000	0,002349	0,001776	0,00387	0,004143	0,003035	0,001152	38
1800	0,002442	0,001868	0,003973	0,004264	0,003137	0,001164	37
2700	0,002493	0,001917	0,004051	0,004358	0,003205	0,001185	37
3600	0,002558	0,001964	0,004101	0,004411	0,003259	0,001184	36
3700	0,001989	0,001554	0,003447	0,003706	0,002674	0,001062	40
3800	0,001894	0,001471	0,003329	0,003637	0,002583	0,001061	41
3900	0,001844	0,00142	0,00326	0,003589	0,002528	0,001058	42
4000	0,001789	0,001387	0,003203	0,003548	0,002482	0,001054	42
4100	0,001743	0,001361	0,003164	0,003513	0,002445	0,001053	43
4200	0,001712	0,001341	0,003136	0,003487	0,002419	0,001051	43
4300	0,001677	0,001329	0,003115	0,003472	0,002398	0,001054	44
4400	0,001664	0,001316	0,0031	0,003461	0,002385	0,001054	44
4500	0,001649	0,001297	0,003085	0,003451	0,002371	0,001057	45



RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO		
DADOS DO ENSAIO		
Amostra: CBUQ	Trecho: 5,4 % ligante	C.P.Nº 263
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Est/km: 2 lvdts
Diâmetro C.P.(cm): 10,15	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Data: 14-06-2007
		Altura C.P. (cm): 6,32
		Força (kgf): 80.91
TABELA DE RESULTADOS		
NGolpes	D.PL.	D.P.E.
1	-0,003	-0,000059
2	0,018	0,000393
3	0,033	0,000708
4	0,04	0,000877
5	0,046	0,000991
10	0,06	0,001296
15	0,068	0,001476
20	0,072	0,001564
30	0,075	0,001622
40	0,077	0,001669
50	0,079	0,001714
60	0,08	0,001749
70	0,082	0,001776
80	0,082	0,001797
90	0,083	0,001816
100	0,084	0,001831
200	0,093	0,002034
300	0,097	0,002117
400	0,099	0,002147
500	0,101	0,002207
600	0,104	0,00227
700	0,104	0,002267
800	0,107	0,002335
900	0,106	0,002319
1000	0,108	0,002349
1800	0,112	0,002442
2700	0,114	0,002493
3600	0,117	0,002558
3700	0,091	0,001989
3800	0,087	0,001894
3900	0,085	0,001844
4000	0,082	0,001789
4100	0,08	0,001743
4200	0,079	0,001712
4300	0,077	0,001677
4400	0,076	0,001664
4500	0,076	0,001649

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO		
DADOS DO ENSAIO		
Amostra: CBUQ	Trecho: 5,4 % ligante	C.P.Nº 264
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Est/km: 2 lvdts
Diâmetro C.P.(cm): 10,15	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Data: 14-06-2007
		Altura C.P. (cm): 6,32
		Força (kgf): 80.91
TABELA DE RESULTADOS		
NGolpes	D.PL.	D.P.E.
1	-0,001	-0,000024
2	0,014	0,00031
3	0,021	0,000453
4	0,024	0,000516
5	0,026	0,00056
10	0,032	0,000688
15	0,036	0,000782
20	0,039	0,000854
30	0,045	0,000975
40	0,049	0,001064
50	0,052	0,00114
60	0,056	0,001209
70	0,059	0,001275
80	0,061	0,001333
90	0,063	0,001372
100	0,064	0,001383
200	0,07	0,001528
300	0,073	0,001582
400	0,077	0,001668
500	0,077	0,001682
600	0,079	0,001717
700	0,08	0,001751
800	0,08	0,001752
900	0,082	0,001786
1000	0,082	0,001776
1800	0,086	0,001868
2700	0,088	0,001917
3600	0,09	0,001964
3700	0,071	0,001554
3800	0,068	0,001471
3900	0,065	0,00142
4000	0,064	0,001387
4100	0,063	0,001361
4200	0,062	0,001341
4300	0,061	0,001329
4400	0,06	0,001316
4500	0,06	0,001297

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO		
DADOS DO ENSAIO		
Amostra: CBUQ	Trecho: 5,4 % ligante	C.P.Nº 265
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Est/km: 2 lvdts
Diâmetro C.P.(cm): 10,15	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Data: 14-06-2007
		Altura C.P. (cm): 6,32
		Força (kgf): 80.91
TABELA DE RESULTADOS		
NGolpes	D.PL.	D.P.E.
1	0,014	0,000309
2	0,044	0,000975
3	0,056	0,001232
4	0,064	0,001395
5	0,069	0,001508
10	0,082	0,001807
15	0,091	0,001995
20	0,098	0,002149
30	0,108	0,002374
40	0,116	0,002549
50	0,122	0,002689
60	0,128	0,002815
70	0,133	0,002917
80	0,137	0,003004
90	0,14	0,003084
100	0,144	0,003158
200	0,153	0,003374
300	0,164	0,0036
400	0,164	0,003601
500	0,169	0,003721
600	0,169	0,003711
700	0,173	0,0038
800	0,172	0,003797
900	0,175	0,003856
1000	0,176	0,00387
1800	0,18	0,003973
2700	0,184	0,004051
3600	0,186	0,004101
3700	0,157	0,003447
3800	0,151	0,003329
3900	0,148	0,00326
4000	0,146	0,003203
4100	0,144	0,003164
4200	0,143	0,003136
4300	0,142	0,003115
4400	0,141	0,0031
4500	0,14	0,003085

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO		
DADOS DO ENSAIO		
Amostra: CBUQ	Trecho: 5,4 % ligante	C.P.Nº 266
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Est/km: 2 lvdts
Diâmetro C.P.(cm): 10,15	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Data: 14-06-2007
		Altura C.P. (cm): 6,32
		Força (kgf): 80.91
TABELA DE RESULTADOS		
NGolpes	D.PL.	D.P.E.
1	-0,001	-0,000014
2	0,03	0,000654
3	0,041	0,000903
4	0,048	0,001054
5	0,054	0,001172
10	0,071	0,001546
15	0,082	0,001793
20	0,091	0,001987
30	0,104	0,002266
40	0,114	0,002487
50	0,122	0,002665
60	0,129	0,002813
70	0,134	0,002938
80	0,14	0,003055
90	0,145	0,003165
100	0,149	0,003264
200	0,157	0,003432
300	0,167	0,00365
400	0,174	0,003806
500	0,176	0,003846
600	0,183	0,003999
700	0,181	0,003967
800	0,187	0,004084
900	0,185	0,004051
1000	0,189	0,004143
1800	0,195	0,004264
2700	0,199	0,004358
3600	0,202	0,004411
3700	0,169	0,003706
3800	0,166	0,003637
3900	0,164	0,003589
4000	0,162	0,003548
4100	0,161	0,003513
4200	0,159	0,003487
4300	0,159	0,003472
4400	0,158	0,003461
4500	0,158	0,003451

RESUMO DO ENSAIO DE CREEP DINÂMICO							
DEFORMAÇÃO PLÁSTICA ESPECÍFICA							
MISTURA SMA 04 (RJ)							
NGolpes	267	268	269	270	Média	D. Padrão	CV %
1	0,000072	0,000241	0,000002	0,000071	0,000156	0,00012	77
2	0,001159	0,000493	0,000231	0,000214	0,000524	0,000442	84
3	0,00152	0,000632	0,000362	0,000327	0,00071	0,000557	78
4	0,001709	0,000718	0,000448	0,000387	0,000816	0,000613	75
5	0,001861	0,000787	0,000521	0,000458	0,000907	0,000652	72
10	0,002292	0,001010	0,000766	0,000703	0,001193	0,000745	62
15	0,002566	0,001162	0,000924	0,000943	0,001399	0,000786	56
20	0,002775	0,001279	0,001046	0,001138	0,00156	0,000816	52
30	0,003079	0,001462	0,001226	0,001435	0,001801	0,000859	48
40	0,003307	0,001606	0,001360	0,001663	0,001984	0,000892	45
50	0,003487	0,001728	0,001445	0,001842	0,002126	0,000923	43
60	0,003634	0,001833	0,001504	0,001993	0,002241	0,000951	42
70	0,003757	0,001928	0,001550	0,002134	0,002342	0,000974	42
80	0,003869	0,002013	0,001591	0,002262	0,002434	0,000996	41
90	0,00397	0,002091	0,00163	0,002377	0,002517	0,001016	40
100	0,004066	0,002161	0,001663	0,002485	0,002594	0,001038	40
200	0,004268	0,00228	0,001869	0,002815	0,002808	0,001048	37
300	0,004488	0,002392	0,001965	0,002994	0,00296	0,001103	37
400	0,00445	0,002519	0,002026	0,003144	0,003035	0,001049	35
500	0,004608	0,002516	0,002065	0,003216	0,003101	0,001111	36
600	0,004547	0,002583	0,002086	0,003243	0,003115	0,001066	34
700	0,00464	0,002616	0,002105	0,003318	0,00317	0,001099	35
800	0,004583	0,002625	0,002123	0,003378	0,003177	0,00107	34
900	0,004641	0,002672	0,002131	0,003372	0,003204	0,001084	34
1000	0,004635	0,00268	0,002147	0,003387	0,003212	0,001076	33
1800	0,004777	0,002828	0,0022	0,003557	0,003341	0,001107	33
2700	0,004793	0,002938	0,00222	0,003624	0,003394	0,001095	32
3600	0,004907	0,002965	0,002219	0,003691	0,003446	0,001145	33
3700	0,00392	0,002095	0,001529	0,002726	0,002568	0,001026	40
3800	0,003785	0,001942	0,001442	0,002551	0,00243	0,001011	42
3900	0,00371	0,001865	0,001367	0,002453	0,002349	0,00101	43
4000	0,003658	0,001801	0,001323	0,002374	0,002289	0,001009	44
4100	0,00362	0,001757	0,001291	0,002317	0,002246	0,001007	45
4200	0,003586	0,001723	0,001264	0,002286	0,002215	0,001005	45
4300	0,003565	0,001701	0,001239	0,002261	0,002192	0,001007	46
4400	0,003543	0,001679	0,001232	0,002238	0,002173	0,001002	46
4500	0,003527	0,001667	0,001222	0,002221	0,002159	0,000999	46

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO		
DADOS DO ENSAIO		
Amostra: CBUQ	Trecho: 6.8 % ligante	C.P.Nº 267
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Est/km: 2 lvdts
Diâmetro C.P.(cm): 10,17	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Data: 14-06-2007
		Altura C.P. (cm): 6,31
		Força (kgf): 81.23
TABELA DE RESULTADOS		
NGolpes	D.PL.	D.P.E.
1	0,003	0,000072
2	0,053	0,001159
3	0,07	0,00152
4	0,079	0,001709
5	0,086	0,001861
10	0,105	0,002292
15	0,118	0,002566
20	0,128	0,002775
30	0,142	0,003079
40	0,152	0,003307
50	0,16	0,003487
60	0,167	0,003634
70	0,173	0,003757
80	0,178	0,003869
90	0,182	0,00397
100	0,187	0,004066
200	0,196	0,004268
300	0,206	0,004488
400	0,204	0,00445
500	0,211	0,004608
600	0,209	0,004547
700	0,213	0,00464
800	0,21	0,004583
900	0,213	0,004641
1000	0,213	0,004635
1800	0,219	0,004777
2700	0,22	0,004793
3600	0,225	0,004907
3700	0,18	0,00392
3800	0,174	0,003785
3900	0,17	0,00371
4000	0,168	0,003658
4100	0,166	0,00362
4200	0,165	0,003586
4300	0,164	0,003565
4400	0,163	0,003543
4500	0,162	0,003527

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO		
DADOS DO ENSAIO		
Amostra: CBUQ	Trecho: 6.8 % ligante	C.P.Nº 268
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Est/km: 2 lvdts
Diâmetro C.P.(cm): 10,16	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Data: 14-06-2007
		Altura C.P. (cm): 6,28
		Força (kgf): 81.07
TABELA DE RESULTADOS		
NGolpes	D.PL.	D.P.E.
1	0,011	0,000241
2	0,022	0,000493
3	0,029	0,000632
4	0,033	0,000718
5	0,036	0,000787
10	0,046	0,00101
15	0,053	0,001162
20	0,058	0,001279
30	0,067	0,001462
40	0,073	0,001606
50	0,079	0,001728
60	0,083	0,001833
70	0,088	0,001928
80	0,092	0,002013
90	0,095	0,002091
100	0,098	0,002161
200	0,104	0,00228
300	0,109	0,002392
400	0,115	0,002519
500	0,114	0,002516
600	0,117	0,002583
700	0,119	0,002616
800	0,119	0,002625
900	0,122	0,002672
1000	0,122	0,00268
1800	0,129	0,002828
2700	0,134	0,002938
3600	0,135	0,002965
3700	0,095	0,002095
3800	0,088	0,001942
3900	0,085	0,001865
4000	0,082	0,001801
4100	0,08	0,001757
4200	0,078	0,001723
4300	0,077	0,001701
4400	0,076	0,001679
4500	0,076	0,001667

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO		
DADOS DO ENSAIO		
Amostra: CBUQ	Trecho: 6.8 % ligante	C.P.Nº 269
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Est/km: 2 lvdts
Diâmetro C.P.(cm): 10,16	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Data: 14-06-2007
		Altura C.P. (cm): 6,34
		Força (kgf): 81.07
TABELA DE RESULTADOS		
NGolpes	D.PL.	D.P.E.
1	0	0,000002
2	0,011	0,000231
3	0,017	0,000362
4	0,021	0,000448
5	0,024	0,000521
10	0,035	0,000766
15	0,043	0,000924
20	0,048	0,001046
30	0,057	0,001226
40	0,063	0,00136
50	0,067	0,001445
60	0,07	0,001504
70	0,072	0,00155
80	0,074	0,001591
90	0,075	0,00163
100	0,077	0,001663
200	0,086	0,001869
300	0,091	0,001965
400	0,094	0,002026
500	0,095	0,002065
600	0,096	0,002086
700	0,097	0,002105
800	0,098	0,002123
900	0,098	0,002131
1000	0,099	0,002147
1800	0,102	0,0022
2700	0,103	0,00222
3600	0,103	0,002219
3700	0,071	0,001529
3800	0,067	0,001442
3900	0,063	0,001367
4000	0,061	0,001323
4100	0,06	0,001291
4200	0,058	0,001264
4300	0,057	0,001239
4400	0,057	0,001232
4500	0,057	0,001222



RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO		
DADOS DO ENSAIO		
Amostra: CBUQ	Trecho: 6.8 % ligante	C.P.Nº 270
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Est/km: 2 lvdts
Diâmetro C.P.(cm): 10,16	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Data: 15-06-2007
		Altura C.P. (cm): 6,43
		Força (kgf): 81.07
TABELA DE RESULTADOS		
NGolpes	D.PL.	D.P.E.
1	0,003	0,000071
2	0,01	0,000214
3	0,015	0,000327
4	0,018	0,000387
5	0,021	0,000458
10	0,033	0,000703
15	0,044	0,000943
20	0,053	0,001138
30	0,066	0,001435
40	0,077	0,001663
50	0,085	0,001842
60	0,092	0,001993
70	0,099	0,002134
80	0,105	0,002262
90	0,11	0,002377
100	0,115	0,002485
200	0,13	0,002815
300	0,138	0,002994
400	0,145	0,003144
500	0,148	0,003216
600	0,15	0,003243
700	0,153	0,003318
800	0,156	0,003378
900	0,156	0,003372
1000	0,156	0,003387
1800	0,164	0,003557
2700	0,167	0,003624
3600	0,17	0,003691
3700	0,126	0,002726
3800	0,118	0,002551
3900	0,113	0,002453
4000	0,11	0,002374
4100	0,107	0,002317
4200	0,106	0,002286
4300	0,104	0,002261
4400	0,103	0,002238
4500	0,103	0,002221

RESUMO DO ENSAIO DE CREEP DINÂMICO							
DEFORMAÇÃO PLÁSTICA ESPECÍFICA							
MISTURA SMA 05 (RJ)							
NGolpes	271	272	273	274	Média	D. Padrão	CV %
1	-0,000109	-0,000016	-0,000028	-0,000286	-0,00011	0,000125	-113
2	0,001104	0,000633	0,000555	0,000535	0,000707	0,000268	38
3	0,001605	0,00083	0,000851	0,000934	0,001055	0,000369	35
4	0,001876	0,000911	0,000996	0,001188	0,001243	0,000438	35
5	0,002095	0,000976	0,001106	0,001417	0,001399	0,0005	36
10	0,002778	0,001242	0,001409	0,002164	0,001898	0,000711	37
15	0,003239	0,001448	0,001582	0,002452	0,00218	0,000834	38
20	0,003601	0,001612	0,001701	0,002686	0,0024	0,000937	39
30	0,004125	0,001871	0,001816	0,002977	0,002697	0,001092	40
40	0,004411	0,002068	0,001885	0,003144	0,002877	0,001164	40
50	0,004725	0,002237	0,001938	0,003185	0,003021	0,001254	42
60	0,004965	0,002417	0,001971	0,003213	0,003142	0,00132	42
70	0,005167	0,002558	0,001995	0,003257	0,003244	0,001382	43
80	0,005304	0,002699	0,00201	0,003314	0,003332	0,001419	43
90	0,005336	0,002832	0,002023	0,003362	0,003388	0,00141	42
100	0,005359	0,002949	0,002046	0,003382	0,003434	0,001399	41
200	0,005695	0,003595	0,002238	0,003528	0,003764	0,001431	38
300	0,005902	0,003667	0,002329	0,003625	0,003881	0,001484	38
400	0,006046	0,003665	0,002392	0,003694	0,003949	0,001524	39
500	0,00612	0,003711	0,002437	0,003738	0,004002	0,001537	38
600	0,006209	0,003751	0,002478	0,003803	0,00406	0,001558	38
700	0,006316	0,003729	0,002526	0,003836	0,004102	0,001591	39
800	0,006312	0,003758	0,002539	0,003856	0,004116	0,001582	38
900	0,0064	0,003755	0,002566	0,003898	0,004155	0,001612	39
1000	0,006482	0,00377	0,002628	0,003952	0,004208	0,001625	39
1800	0,006676	0,003852	0,002747	0,004104	0,004345	0,001662	38
2700	0,006741	0,003892	0,002854	0,004236	0,004431	0,001648	37
3600	0,006879	0,003916	0,002913	0,004302	0,004503	0,001689	38
3700	0,005461	0,003229	0,002379	0,003391	0,003615	0,001308	36
3800	0,005287	0,003139	0,002312	0,003247	0,003496	0,001265	36
3900	0,0052	0,003097	0,002272	0,003176	0,003436	0,001245	36
4000	0,005145	0,003076	0,00225	0,003141	0,003403	0,00123	36
4100	0,005103	0,003055	0,002238	0,003111	0,003377	0,001218	36
4200	0,00507	0,003042	0,002216	0,003087	0,003354	0,001212	36
4300	0,005048	0,003033	0,002211	0,003081	0,003343	0,001205	36
4400	0,005025	0,00302	0,002211	0,003076	0,003333	0,001195	36
4500	0,005004	0,003013	0,002185	0,003048	0,003313	0,001196	36

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO		
DADOS DO ENSAIO		
Amostra: CBUQ	Trecho: 8,25 % ligante	C.P.Nº 271
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Est/km: 2 lvdts
Diâmetro C.P.(cm): 10,16	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Data: 15-06-2007
		Altura C.P. (cm): 6,55
		Força (kgf): 81.07
TABELA DE RESULTADOS		
NGolpes	D.PL.	D.P.E.
1	-0,005	-0,000109
2	0,05	0,001104
3	0,073	0,001605
4	0,086	0,001876
5	0,096	0,002095
10	0,127	0,002778
15	0,148	0,003239
20	0,164	0,003601
30	0,188	0,004125
40	0,201	0,004411
50	0,215	0,004725
60	0,226	0,004965
70	0,235	0,005167
80	0,241	0,005304
90	0,243	0,005336
100	0,244	0,005359
200	0,259	0,005695
300	0,268	0,005902
400	0,275	0,006046
500	0,278	0,00612
600	0,282	0,006209
700	0,287	0,006316
800	0,287	0,006312
900	0,291	0,0064
1000	0,294	0,006482
1800	0,303	0,006676
2700	0,306	0,006741
3600	0,312	0,006879
3700	0,248	0,005461
3800	0,24	0,005287
3900	0,236	0,0052
4000	0,234	0,005145
4100	0,232	0,005103
4200	0,231	0,00507
4300	0,23	0,005048
4400	0,229	0,005025
4500	0,228	0,005004

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO		
DADOS DO ENSAIO		
Amostra: CBUQ	Trecho: 8,25 % ligante	C.P.Nº 272
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Est/km: 2 lvdts
Diâmetro C.P.(cm): 10,16	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Data: 15-06-2007
		Altura C.P. (cm): 6,55
		Força (kgf): 81.07
TABELA DE RESULTADOS		
NGolpes	D.PL.	D.P.E.
1	-0,001	-0,000016
2	0,029	0,000633
3	0,038	0,00083
4	0,042	0,000911
5	0,045	0,000976
10	0,057	0,001242
15	0,067	0,001448
20	0,074	0,001612
30	0,086	0,001871
40	0,095	0,002068
50	0,103	0,002237
60	0,111	0,002417
70	0,118	0,002558
80	0,124	0,002699
90	0,13	0,002832
100	0,136	0,002949
200	0,166	0,003595
300	0,169	0,003667
400	0,169	0,003665
500	0,171	0,003711
600	0,173	0,003751
700	0,172	0,003729
800	0,173	0,003758
900	0,173	0,003755
1000	0,174	0,00377
1800	0,177	0,003852
2700	0,179	0,003892
3600	0,18	0,003916
3700	0,149	0,003229
3800	0,145	0,003139
3900	0,143	0,003097
4000	0,142	0,003076
4100	0,141	0,003055
4200	0,14	0,003042
4300	0,14	0,003033
4400	0,139	0,00302
4500	0,139	0,003013

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO		
DADOS DO ENSAIO		
Amostra: CBUQ	Trecho: 8,25 % ligante	C.P.Nº 273
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Est/km: 2 lvdts
Diâmetro C.P.(cm): 10,16	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Data: 15-06-2007
		Altura C.P. (cm): 6,55
		Força (kgf): 81.07
TABELA DE RESULTADOS		
NGolpes	D.PL.	D.P.E.
1	-0,001	-0,000028
2	0,026	0,000555
3	0,039	0,000851
4	0,046	0,000996
5	0,051	0,001106
10	0,065	0,001409
15	0,073	0,001582
20	0,078	0,001701
30	0,083	0,001816
40	0,087	0,001885
50	0,089	0,001938
60	0,09	0,001971
70	0,092	0,001995
80	0,092	0,00201
90	0,093	0,002023
100	0,094	0,002046
200	0,103	0,002238
300	0,107	0,002329
400	0,11	0,002392
500	0,112	0,002437
600	0,114	0,002478
700	0,116	0,002526
800	0,117	0,002539
900	0,118	0,002566
1000	0,121	0,002628
1800	0,126	0,002747
2700	0,131	0,002854
3600	0,134	0,002913
3700	0,109	0,002379
3800	0,106	0,002312
3900	0,104	0,002272
4000	0,103	0,00225
4100	0,103	0,002238
4200	0,102	0,002216
4300	0,101	0,002211
4400	0,101	0,002211
4500	0,1	0,002185

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO		
DADOS DO ENSAIO		
Amostra: CBUQ	Trecho: 8,25 % ligante	C.P.Nº 274
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Est/km: 2 lvdts
Diâmetro C.P.(cm): 10,16	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Data: 15-06-2007
		Altura C.P. (cm): 6,55
		Força (kgf): 81.07
TABELA DE RESULTADOS		
NGolpes	D.PL.	D.P.E.
1	-0,013	-0,000286
2	0,025	0,000535
3	0,043	0,000934
4	0,055	0,001188
5	0,065	0,001417
10	0,099	0,002164
15	0,113	0,002452
20	0,123	0,002686
30	0,137	0,002977
40	0,144	0,003144
50	0,146	0,003185
60	0,147	0,003213
70	0,149	0,003257
80	0,152	0,003314
90	0,154	0,003362
100	0,155	0,003382
200	0,162	0,003528
300	0,166	0,003625
400	0,169	0,003694
500	0,171	0,003738
600	0,174	0,003803
700	0,176	0,003836
800	0,177	0,003856
900	0,179	0,003898
1000	0,181	0,003952
1800	0,188	0,004104
2700	0,194	0,004236
3600	0,197	0,004302
3700	0,155	0,003391
3800	0,149	0,003247
3900	0,146	0,003176
4000	0,144	0,003141
4100	0,143	0,003111
4200	0,142	0,003087
4300	0,141	0,003081
4400	0,141	0,003076
4500	0,14	0,003048

RESUMO DO ENSAIO DE CREEP DINÂMICO							
DEFORMAÇÃO PLÁSTICA ESPECÍFICA							
MISTURA SMA 04A (RJ)							
NGolpes	166	167	168	169	Média	D. Padrão	CV %
1	0,000021	0,000182	0,000164	-0,000039	0,000082	0,000108	132
2	0,000181	0,000457	0,000393	0,000087	0,00028	0,000174	62
3	0,000289	0,000624	0,000588	0,000177	0,00042	0,000221	53
4	0,000372	0,00074	0,000725	0,000235	0,000518	0,000254	49
5	0,000432	0,000837	0,000846	0,000288	0,000601	0,000284	47
10	0,000676	0,001204	0,001272	0,000467	0,000905	0,000395	44
15	0,000855	0,001467	0,001532	0,000597	0,001113	0,00046	41
20	0,00099	0,001686	0,00172	0,0007	0,001274	0,00051	40
30	0,001213	0,002054	0,002005	0,000862	0,001534	0,000591	39
40	0,001398	0,002328	0,002226	0,000987	0,001735	0,00065	37
50	0,001536	0,002538	0,002374	0,001094	0,001886	0,000686	36
60	0,001641	0,002687	0,002471	0,00119	0,001997	0,000702	35
70	0,00172	0,002806	0,002540	0,001278	0,002086	0,00071	34
80	0,001789	0,0029	0,002605	0,001369	0,002166	0,000709	33
90	0,001853	0,002975	0,002662	0,001453	0,002236	0,000704	31
100	0,001909	0,003041	0,002714	0,001552	0,002304	0,000691	30
200	0,002234	0,003702	0,003047	0,001996	0,002745	0,000781	28
300	0,002409	0,00398	0,003215	0,002284	0,002972	0,000789	27
400	0,002527	0,004145	0,003322	0,00243	0,003106	0,0008	26
500	0,002608	0,004289	0,00339	0,002523	0,003203	0,000823	26
600	0,002664	0,00442	0,003443	0,002658	0,003296	0,000835	25
700	0,002703	0,004488	0,003481	0,002691	0,003341	0,000849	25
800	0,002741	0,004541	0,00351	0,002753	0,003386	0,00085	25
900	0,002769	0,004608	0,003532	0,002807	0,003429	0,000861	25
1000	0,002794	0,004668	0,003554	0,002844	0,003465	0,000874	25
1800	0,002908	0,004951	0,003651	0,003039	0,003637	0,000934	26
2700	0,002989	0,005087	0,003708	0,003169	0,003738	0,00095	25
3600	0,003046	0,005209	0,003716	0,003231	0,003801	0,000981	26
3700	0,002516	0,004713	0,003203	0,002798	0,003308	0,000979	30
3800	0,00245	0,004652	0,003139	0,002749	0,003248	0,000978	30
3900	0,002421	0,004625	0,003109	0,002724	0,00322	0,000978	30
4000	0,002395	0,004606	0,003086	0,002706	0,003198	0,00098	31
4100	0,002393	0,004594	0,00307	0,002695	0,003188	0,000977	31
4200	0,002374	0,00459	0,003047	0,002685	0,003174	0,000983	31
4300	0,002359	0,004582	0,003045	0,002695	0,00317	0,000982	31
4400	0,002351	0,004575	0,003044	0,002672	0,003161	0,000985	31
4500	0,002344	0,00457	0,003041	0,002658	0,003153	0,000987	31

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO		
DADOS DO ENSAIO		
Amostra: CBUQ	Trecho: 6,9 % ligante	C.P.Nº 166
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Est/km: 2 lvdts
Diâmetro C.P.(cm): 10,15	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Data: 31-05-2007
		Altura C.P. (cm): 6,38
		Força (kgf): 81.91
TABELA DE RESULTADOS		
NGolpes	D.PL.	D.P.E.
1	0,001	0,000021
2	0,008	0,000181
3	0,013	0,000289
4	0,017	0,000372
5	0,02	0,000432
10	0,031	0,000676
15	0,039	0,000855
20	0,046	0,00099
30	0,056	0,001213
40	0,064	0,001398
50	0,071	0,001536
60	0,075	0,001641
70	0,079	0,00172
80	0,082	0,001789
90	0,085	0,001853
100	0,088	0,001909
200	0,103	0,002234
300	0,111	0,002409
400	0,116	0,002527
500	0,12	0,002608
600	0,122	0,002664
700	0,124	0,002703
800	0,126	0,002741
900	0,127	0,002769
1000	0,128	0,002794
1800	0,133	0,002908
2700	0,137	0,002989
3600	0,14	0,003046
3700	0,115	0,002516
3800	0,112	0,00245
3900	0,111	0,002421
4000	0,11	0,002395
4100	0,11	0,002393
4200	0,109	0,002374
4300	0,108	0,002359
4400	0,108	0,002351
4500	0,108	0,002344



RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO		
DADOS DO ENSAIO		
Amostra: CBUQ	Trecho: 6,9 % ligante	C.P.Nº 167
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Est/km: 2 lvdts
Diâmetro C.P.(cm): 10,17	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Data: 31-05-2007
		Altura C.P. (cm): 6,43
		Força (kgf): 81.23
TABELA DE RESULTADOS		
NGolpes	D.PL.	D.P.E.
1	0,008	0,000182
2	0,021	0,000457
3	0,029	0,000624
4	0,034	0,00074
5	0,038	0,000837
10	0,055	0,001204
15	0,067	0,001467
20	0,077	0,001686
30	0,094	0,002054
40	0,106	0,002328
50	0,116	0,002538
60	0,123	0,002687
70	0,128	0,002806
80	0,132	0,0029
90	0,136	0,002975
100	0,139	0,003041
200	0,169	0,003702
300	0,182	0,00398
400	0,189	0,004145
500	0,196	0,004289
600	0,202	0,00442
700	0,205	0,004488
800	0,207	0,004541
900	0,21	0,004608
1000	0,213	0,004668
1800	0,226	0,004951
2700	0,232	0,005087
3600	0,237	0,005209
3700	0,215	0,004713
3800	0,212	0,004652
3900	0,211	0,004625
4000	0,21	0,004606
4100	0,209	0,004594
4200	0,209	0,00459
4300	0,209	0,004582
4400	0,209	0,004575
4500	0,208	0,00457

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO		
DADOS DO ENSAIO		
Amostra: CBUQ	Trecho: 5,6 % ligante	C.P.Nº 168
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Est/km: 2 lvdts
Diâmetro C.P.(cm): 10,15	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Data: 01-06-2007
		Altura C.P. (cm): 6,32
		Força (kgf): 81.91
TABELA DE RESULTADOS		
NGolpes	D.PL.	D.P.E.
1	0,008	0,000164
2	0,018	0,000393
3	0,027	0,000588
4	0,033	0,000725
5	0,039	0,000846
10	0,058	0,001272
15	0,07	0,001532
20	0,079	0,00172
30	0,092	0,002005
40	0,102	0,002226
50	0,109	0,002374
60	0,113	0,002471
70	0,117	0,00254
80	0,12	0,002605
90	0,122	0,002662
100	0,125	0,002714
200	0,14	0,003047
300	0,147	0,003215
400	0,152	0,003322
500	0,155	0,00339
600	0,158	0,003443
700	0,16	0,003481
800	0,161	0,00351
900	0,162	0,003532
1000	0,163	0,003554
1800	0,167	0,003651
2700	0,17	0,003708
3600	0,17	0,003716
3700	0,147	0,003203
3800	0,144	0,003139
3900	0,143	0,003109
4000	0,141	0,003086
4100	0,141	0,00307
4200	0,14	0,003047
4300	0,14	0,003045
4400	0,14	0,003044
4500	0,139	0,003041

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO		
DADOS DO ENSAIO		
Amostra: CBUQ	Trecho: 5,6 % ligante	C.P.Nº 169
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Est/km: 2 lvdts
Diâmetro C.P.(cm): 10,14	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Data: 01-06-2007
		Altura C.P. (cm): 6,37
		Força (kgf): 80.75
TABELA DE RESULTADOS		
NGolpes	D.PL.	D.P.E.
1	-0,002	-0,000039
2	0,004	0,000087
3	0,008	0,000177
4	0,011	0,000235
5	0,013	0,000288
10	0,022	0,000467
15	0,028	0,000597
20	0,033	0,0007
30	0,04	0,000862
40	0,046	0,000987
50	0,051	0,001094
60	0,056	0,00119
70	0,06	0,001278
80	0,064	0,001369
90	0,068	0,001453
100	0,072	0,001552
200	0,093	0,001996
300	0,106	0,002284
400	0,113	0,00243
500	0,118	0,002523
600	0,124	0,002658
700	0,125	0,002691
800	0,128	0,002753
900	0,131	0,002807
1000	0,132	0,002844
1800	0,142	0,003039
2700	0,148	0,003169
3600	0,15	0,003231
3700	0,13	0,002798
3800	0,128	0,002749
3900	0,127	0,002724
4000	0,126	0,002706
4100	0,125	0,002695
4200	0,125	0,002685
4300	0,126	0,002695
4400	0,124	0,002672
4500	0,124	0,002658

RESUMO DO ENSAIO DE CREEP DINÂMICO							
DEFORMAÇÃO PLÁSTICA ESPECÍFICA							
MISTURA 05A (RJ)							
NGolpes	330	331	332	333	Média	D. Padrão	CV %
1	-0,000053	-0,000021	0,000084	-0,000042	-0,000008	6,28E-05	-784
2	0,000436	0,000081	0,000268	0,000536	0,00033	0,0002	60
3	0,0007	0,000161	0,000357	0,000811	0,000507	0,000301	59
4	0,000881	0,000191	0,000435	0,001013	0,00063	0,000383	61
5	0,001026	0,000211	0,000512	0,001173	0,000731	0,000447	61
10	0,001465	0,000296	0,000782	0,001806	0,001087	0,000678	62
15	0,001739	0,000382	0,000939	0,002216	0,001319	0,000817	62
20	0,001951	0,000464	0,001066	0,002502	0,001496	0,000907	61
30	0,00227	0,000612	0,00127	0,002885	0,001759	0,001014	58
40	0,002513	0,000751	0,001381	0,003144	0,001947	0,001081	56
50	0,0027	0,00088	0,001453	0,003313	0,002087	0,001116	53
60	0,002864	0,001008	0,001509	0,003422	0,002201	0,00113	51
70	0,003004	0,001138	0,001553	0,003504	0,0023	0,001133	49
80	0,00313	0,001257	0,001594	0,003579	0,00239	0,001137	48
90	0,003238	0,001375	0,001628	0,003649	0,002473	0,001138	46
100	0,003344	0,00149	0,001662	0,00371	0,002552	0,001138	45
200	0,00361	0,002526	0,001843	0,004079	0,003015	0,001016	34
300	0,003852	0,002692	0,001948	0,004265	0,003189	0,001062	33
400	0,003874	0,002968	0,002021	0,00439	0,003313	0,001043	31
500	0,00401	0,003026	0,002072	0,004471	0,003395	0,001068	31
600	0,004026	0,003198	0,002116	0,004532	0,003468	0,001056	30
700	0,004144	0,003222	0,002153	0,004585	0,003526	0,001077	31
800	0,004126	0,003348	0,002189	0,004638	0,003575	0,001066	30
900	0,004185	0,003354	0,002211	0,004671	0,003605	0,001077	30
1000	0,004181	0,00348	0,002236	0,004696	0,003648	0,001065	29
1800	0,004346	0,003731	0,002702	0,004823	0,003901	0,000916	23
2700	0,004386	0,003969	0,002864	0,004892	0,004028	0,000863	21
3600	0,004429	0,004131	0,002985	0,004932	0,004119	0,000825	20
3700	0,003651	0,00362	0,002384	0,003907	0,003391	0,000683	20
3800	0,003551	0,003549	0,002303	0,003798	0,0033	0,000675	20
3900	0,003502	0,003516	0,002266	0,003736	0,003255	0,000668	21
4000	0,003473	0,003493	0,002242	0,003698	0,003227	0,000664	21
4100	0,003451	0,003475	0,002228	0,003671	0,003206	0,00066	21
4200	0,003433	0,003476	0,002218	0,003649	0,003194	0,000657	21
4300	0,003414	0,003459	0,002211	0,003632	0,003179	0,000652	21
4400	0,003412	0,003445	0,002203	0,003618	0,00317	0,000651	21
4500	0,003391	0,003438	0,002196	0,003604	0,003157	0,000647	21

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO		
DADOS DO ENSAIO		
Amostra: CBUQ	Trecho: 7,8 % ligante	C.P.Nº 330
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Est/km: 2 lvdts
Diâmetro C.P.(cm): 10,16	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Data: 01-06-2007
		Altura C.P. (cm): 6,54
		Força (kgf): 81.07
TABELA DE RESULTADOS		
NGolpes	D.PL.	D.P.E.
1	-0.002	-0.000053
2	0.020	0.000436
3	0.032	0.000700
4	0.041	0.000881
5	0.047	0.001026
10	0.068	0.001465
15	0.080	0.001739
20	0.090	0.001951
30	0.105	0.002270
40	0.116	0.002513
50	0.124	0.002700
60	0.132	0.002864
70	0.138	0.003004
80	0.144	0.003130
90	0.149	0.003238
100	0.154	0.003344
200	0.166	0.003610
300	0.177	0.003852
400	0.178	0.003874
500	0.185	0.004010
600	0.185	0.004026
700	0.191	0.004144
800	0.190	0.004126
900	0.193	0.004185
1000	0.192	0.004181
1800	0.200	0.004346
2700	0.202	0.004386
3600	0.204	0.004429
3700	0.168	0.003651
3800	0.163	0.003551
3900	0.161	0.003502
4000	0.160	0.003473
4100	0.159	0.003451
4200	0.158	0.003433
4300	0.157	0.003414
4400	0.157	0.003412
4500	0.156	0.003391

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO		
DADOS DO ENSAIO		
Amostra: CBUQ	Trecho:7,8 % ligante	C.P.Nº 331
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Est/km: 2 lvdts
Diâmetro C.P.(cm): 10,18	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Data: 01-06-2007
		Altura C.P. (cm): 6,54
		Força (kgf): 81.39
TABELA DE RESULTADOS		
NGolpes	D.PL.	D.P.E.
1	-0.001	-0.000021
2	0.004	0.000081
3	0.008	0.000161
4	0.009	0.000191
5	0.010	0.000211
10	0.014	0.000296
15	0.018	0.000382
20	0.022	0.000464
30	0.029	0.000612
40	0.035	0.000751
50	0.041	0.000880
60	0.047	0.001008
70	0.053	0.001138
80	0.059	0.001257
90	0.064	0.001375
100	0.070	0.001490
200	0.118	0.002526
300	0.126	0.002692
400	0.139	0.002968
500	0.141	0.003026
600	0.149	0.003198
700	0.150	0.003222
800	0.156	0.003348
900	0.156	0.003354
1000	0.162	0.003480
1800	0.174	0.003731
2700	0.185	0.003969
3600	0.193	0.004131
3700	0.169	0.003620
3800	0.166	0.003549
3900	0.164	0.003516
4000	0.163	0.003493
4100	0.162	0.003475
4200	0.162	0.003476
4300	0.161	0.003459
4400	0.161	0.003445
4500	0.160	0.003438

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO		
DADOS DO ENSAIO		
Amostra: CBUQ	Trecho: 7,8 % ligante	C.P.Nº 332
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Est/km: 2 lvdts
Diâmetro C.P.(cm): 10,18	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Data: 01-06-2007
		Altura C.P. (cm): 6,55
		Força (kgf): 81,39
TABELA DE RESULTADOS		
NGolpes	D.PL.	D.P.E.
1	0.004	0.000084
2	0.012	0.000268
3	0.016	0.000357
4	0.020	0.000435
5	0.024	0.000512
10	0.036	0.000782
15	0.043	0.000939
20	0.049	0.001066
30	0.059	0.001270
40	0.064	0.001381
50	0.067	0.001453
60	0.070	0.001509
70	0.072	0.001553
80	0.074	0.001594
90	0.075	0.001628
100	0.077	0.001662
200	0.085	0.001843
300	0.090	0.001948
400	0.093	0.002021
500	0.096	0.002072
600	0.098	0.002116
700	0.099	0.002153
800	0.101	0.002189
900	0.102	0.002211
1000	0.103	0.002236
1800	0.124	0.002702
2700	0.132	0.002864
3600	0.138	0.002985
3700	0.110	0.002384
3800	0.106	0.002303
3900	0.104	0.002266
4000	0.103	0.002242
4100	0.103	0.002228
4200	0.102	0.002218
4300	0.102	0.002211
4400	0.102	0.002203
4500	0.101	0.002196

RELATÓRIO DE ENSAIO DE CREEP DINÂMICO		
DADOS DO ENSAIO		
Amostra: CBUQ	Trecho:7,8 % ligante	C.P.Nº 333
Operador: Ailton	Interess.: Maia Melo	Est/km: 2 lvdts
Diâmetro C.P.(cm): 10,17	Pr.Apl.(kgf/cm2): 1000	Data: 04-06-2007
		Altura C.P. (cm): 6,58
		Força (kgf): 81,23
TABELA DE RESULTADOS		
NGolpes	D.PL.	D.P.E.
1	-0.002	-0.000042
2	0.025	0.000536
3	0.037	0.000811
4	0.047	0.001013
5	0.054	0.001173
10	0.083	0.001806
15	0.102	0.002216
20	0.115	0.002502
30	0.133	0.002885
40	0.145	0.003144
50	0.153	0.003313
60	0.158	0.003422
70	0.161	0.003504
80	0.165	0.003579
90	0.168	0.003649
100	0.171	0.003710
200	0.188	0.004079
300	0.196	0.004265
400	0.202	0.004390
500	0.206	0.004471
600	0.208	0.004532
700	0.211	0.004585
800	0.213	0.004638
900	0.215	0.004671
1000	0.216	0.004696
1800	0.222	0.004823
2700	0.225	0.004892
3600	0.227	0.004932
3700	0.180	0.003907
3800	0.175	0.003798
3900	0.172	0.003736
4000	0.170	0.003698
4100	0.169	0.003671
4200	0.168	0.003649
4300	0.167	0.003632
4400	0.167	0.003618
4500	0.166	0.003604



## **RICE TEST**

**MISTURA 01**

**MISTURA 02**

**MISTURA 03**

**MISTURA SMA 04**

**MISTURA SMA 05**

**MISTURA SMA 04-A**

**MISTURA SMA 05-A**

PROJETO:	Mistura solta - Paraíba			Operador: Equipe CEFET			
DATA:		PROTOCOLO:	26-07				
INTERESSADO:	Afonso	TIPO E % DE LIGANTE:					
ORIGEM:	Revestimento asfáltico SMA - RICE						
ENSAIOS A SEREM REALIZADOS							
FADIGA ( )	CREEP DINÂMICO( )	CREEP ESTÁTICO( )	MÓDULO ( )	RT ( )			
ENSAIOS REALIZADOS							
FADIGA ( )	CREEP DINÂMICO( )	CREEP ESTÁTICO( )	MÓDULO ( )	RT ( )			
Nº DO CORPO DE PROVA		ALTURA MÉDIA (cm)	DIÂMETRO MÉDIO (cm)	Dap	Defetiva	Mistura	Tipo
Lab	Proj						
9036	1	Material solto				1	5,6%lig
9037	2					2	5,2%lig
9038	1					3	5,4%lig
9039	2					4	6,8%lig
9040	1					4A	6,9%lig
9041	2					5	8,25%lig
9042	1					5A	7,8%lig
9043	2						
9044	1						
9045	2						
9046	1						
9047	2						
9048	1						
9049	2						

**Densidade máxima teórica**

**Projeto: Paraíba- mist. 01 5,6% ligante**      **Data:24-05-07**  
**Operador: Ana/Nathalia**

**Amostra 1      Mistura 9036**

Teor de Ligante

Massa da Amostra (g)

Massa da Amostra intemperizada a 135°Cg

Massa do Sistema (imerso em água) em g

Massa do Kitasato (imerso em água) em g

1484,8 (A)

7182,8 (B)

6311,1 (C)

DMT 1= 2,422

**A massa a 135°C (envelhecimento 2 hs)****B massa+quitassato+tampa+agua(arrasado)****C quitassato+tampa+agua(arrasado)****Amostra 2      Mistura 9037**

Teor de Ligante

Massa da Amostra (g)

Massa da Amostra intemperizada a 135°Cg

Massa do Sistema (imerso em água) em g

Massa do Kitasato (imerso em água) em g

1488,3 (A)

7104,8 (B)

6229,8 (C)

DMT2 = 2,427

**A massa a 135°C (envelhecimento 2 hs)****B massa+quitassato+tampa+agua(arrasado)****C quitassato+tampa+agua(arrasado)****Média:****DMTm= 2,424**

**Densidade máxima teórica**

**Projeto: Paraíba - mist. 02 5,2% ligante      Data:24-05-07**  
**Operador: Ana/Nathalia**

**Amostra 1      Mistura 9038**

Teor de Ligante

Massa da Amostra (g)

Massa da Amostra intemperizada a 135°Cg

Massa do Sistema (imerso em água) em g

Massa do Kitasato (imerso em água) em g

1487,5	(A)
--------	-----

7188,9	(B)
--------	-----

6311,1	(C)
--------	-----

DMT 1= 2,440

**A massa a 135°C (envelhecimento 2 hs)**

**B massa+quitassato+tampa+agua(arrasado)**

**C quitassato+tampa+agua(arrasado)**

**Amostra 2      Mistura 9039**

Teor de Ligante

Massa da Amostra (g)

Massa da Amostra intemperizada a 135°Cg

Massa do Sistema (imerso em água) em g

Massa do Kitasato (imerso em água) em g

1496,3	(A)
--------	-----

7195,3	(B)
--------	-----

6311,1	(C)
--------	-----

DMT2 = 2,445

**A massa a 135°C (envelhecimento 2 hs)**

**B massa+quitassato+tampa+agua(arrasado)**

**C quitassato+tampa+agua(arrasado)**

**Média:**

**DMTm= 2,442**

**Densidade máxima teórica**

**Projeto: Paraíba-mist. 03 5,4% ligante      Data:28-05-07**  
**Operador: Ana/Nathalia**

**Amostra 1      Mistura 9040**

Teor de Ligante

Massa da Amostra (g)

Massa da Amostra intemperizada a 135°Cg

Massa do Sistema (imerso em água) em g

Massa do Kitasato (imerso em água) em g

1492,2	(A)
7104,1	(B)
6229,8	(C)

DMT 1= 2,415

- A massa a 135°C (envelhecimento 2 hs)**
- B massa+quitassato+tampa+agua(arrasado)**
- C quitassato+tampa+agua(arrasado)**

**Amostra 2      Mistura 9041**

Teor de Ligante

Massa da Amostra (g)

Massa da Amostra intemperizada a 135°Cg

Massa do Sistema (imerso em água) em g

Massa do Kitasato (imerso em água) em g

1486,2	(A)
7101,6	(B)
6229,3	(C)

DMT2 = 2,421

- A massa a 135°C (envelhecimento 2 hs)**
- B massa+quitassato+tampa+agua(arrasado)**
- C quitassato+tampa+agua(arrasado)**

**Média:**

**DMTm= 2,418**

**Densidade máxima teórica**

**Projeto: Paraíba- mist. 04 6,8% ligante**      **Data:28-05-07**  
**Operador: Ana/Nathalia**

**Amostra 1      Mistura 9042**

Teor de Ligante

Massa da Amostra (g)

Massa da Amostra intemperizada a 135°Cg

Massa do Sistema (imerso em água) em g

Massa do Kitasato (imerso em água) em g

1489,9 (A)

7181,3 (B)

6311,1 (C)

DMT 1= 2,404

**A massa a 135°C (envelhecimento 2 hs)****B massa+quitassato+tampa+agua(arrasado)****C quitassato+tampa+agua(arrasado)****Amostra 2      Mistura 9043**

Teor de Ligante

Massa da Amostra (g)

Massa da Amostra intemperizada a 135°Cg

Massa do Sistema (imerso em água) em g

Massa do Kitasato (imerso em água) em g

1480,2 (A)

7175,4 (B)

6311,1 (C)

DMT2 = 2,403

**A massa a 135°C (envelhecimento 2 hs)****B massa+quitassato+tampa+agua(arrasado)****C quitassato+tampa+agua(arrasado)****Média:****DMTm= 2,404**

**Densidade máxima teórica**

**Projeto: Paraíba-MIST.05 8,25% ligante**      **Data:30-05-07**  
**Operador: Ana/Nathalia**

**Amostra 1      Mistura 9046**

Teor de Ligante

Massa da Amostra (g)

Massa da Amostra intemperizada a 135°Cg

Massa do Sistema (imerso em água) em g

Massa do Kitasato (imerso em água) em g

1476,8 (A)

7164,0 (B)

6311,1 (C)

DMT 1= 2,367

**A massa a 135°C (envelhecimento 2 hs)****B massa+quitassato+tampa+agua(arrasado)****C quitassato+tampa+agua(arrasado)****Amostra 2      Mistura 9047**

Teor de Ligante

Massa da Amostra (g)

Massa da Amostra intemperizada a 135°Cg

Massa do Sistema (imerso em água) em g

Massa do Kitasato (imerso em água) em g

1484,1 (A)

7167,1 (B)

6311,1 (C)

DMT2 = 2,363

**A massa a 135°C (envelhecimento 2 hs)****B massa+quitassato+tampa+agua(arrasado)****C quitassato+tampa+agua(arrasado)****Média:****DMTm= 2,365**

**Densidade máxima teórica**

**Projeto: Paraíba-mist. 04-A 6,9% ligante      Data:29-05-07**  
**Operador: Ana/Nathalia**

**Amostra 1      Mistura 9044**

Teor de Ligante

Massa da Amostra (g)

Massa da Amostra intemperizada a 135°Cg

Massa do Sistema (imerso em água) em g

Massa do Kitasato (imerso em água) em g

1448,3	(A)
7075,7	(B)
6229,3	(C)

DMT 1= 2,406

- A massa a 135°C (envelhecimento 2 hs)**  
**B massa+quitassato+tampa+agua(arrasado)**  
**C quitassato+tampa+agua(arrasado)**

**Amostra 2      Mistura 9045**

Teor de Ligante

Massa da Amostra (g)

Massa da Amostra intemperizada a 135°Cg

Massa do Sistema (imerso em água) em g

Massa do Kitasato (imerso em água) em g

1471,6	(A)
7089,8	(B)
6229,3	(C)

DMT2 = 2,408

- A massa a 135°C (envelhecimento 2 hs)**  
**B massa+quitassato+tampa+agua(arrasado)**  
**C quitassato+tampa+agua(arrasado)**

**Média:**

**DMTm= 2,407**



**Densidade máxima teórica**

**Projeto: Paraíba- MIST. 05-A 7,8% ligante    Data:30-05-07**  
**Operador: Ana/Nathalia**

**Amostra 1        Mistura 9048**

Teor de Ligante

Massa da Amostra (g)

Massa da Amostra intemperizada a 135°Cg

Massa do Sistema (imerso em água) em g

Massa do Kitasato (imerso em água) em g

1483,6	(A)
--------	-----

7174,1	(B)
--------	-----

6311,1	(C)
--------	-----

DMT 1= 2,391

**A massa a 135°C (envelhecimento 2 hs)**

**B massa+quitassato+tampa+agua(arrasado)**

**C quitassato+tampa+agua(arrasado)**

**Amostra 2        Mistura 9049**

Teor de Ligante

Massa da Amostra (g)

Massa da Amostra intemperizada a 135°Cg

Massa do Sistema (imerso em água) em g

Massa do Kitasato (imerso em água) em g

1468,3	(A)
--------	-----

7084,4	(B)
--------	-----

6229,3	(C)
--------	-----

DMT2 = 2,394

**A massa a 135°C (envelhecimento 2 hs)**

**B massa+quitassato+tampa+agua(arrasado)**

**C quitassato+tampa+agua(arrasado)**

**Média:**

**DMTm= 2,393**

## **ÍNDICE DE FORMA “CRIVO”**

**SEIXO 01 IN NATURA**

**SEIXO BRITADO**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
LABORATÓRIO DE PAVIMENTOS  
ÍNDICE DE FORMA DE AGREGADO --- DNIT-ME-86/94

Data : AGOSTO/2006

CRIVOS REDUTORES CORRESPONDENTES MM **									
GRADUAÇÃO DO MATERIAL	CRIVO DE ABERTURA CIRCULAR (mm)		PESOS DAS FRAÇÕES DA AMOSTRA	CRIVO REDUTOR I			CRIVO REDUTOR II		
	PASSANDO *	RETIDO		ABERTURA (mm)	PESO RETIDO (g)	RETIDO (%)	ABERTURA (mm)	PESO RETIDO (g)	RETIDO (%)
<b>A</b>	76,0	63,5	3000,0	38,0			25,0		
	63,5	50,0	3000,0	32,0			21,0		
	50,0	38,0	3000,0	25,0			17,0		
	38,0	32,0	3000,0	19,0			12,7		
<b>B</b>	32,0	25,0	2000,0	16,0			10,5		
	25,0	19,0	2000,0	12,7			8,5		
	19,0	16,0	2000,0	9,5			6,3		
<b>C</b>	19,0	16,0	2002,3	9,5			6,3		
	16,0	12,7	2000,9	8,0			5,3		
	12,7	9,5	2000,5	6,3			4,2		
<b>D</b>	12,7	9,5	1000,0	6,3	783,9	78,4	4,2	206,6	20,7
	9,5	6,3	1000,1	4,8	687,0	68,7	3,2	289,2	28,9
SOMA DAS PERCENTAGENS			Números de frações	2	<b>P<sub>1</sub>=</b>	147,07	—	<b>P<sub>2</sub>=</b>	49,58
FORMULA:		SENDO:					RESULTADO:		
$f = \frac{P_1 + 0,5 P_2}{100 N}$		f= Índice de forma P <sub>1</sub> = Somatório das % retidas dos crivos redutores I P <sub>2</sub> = Somatório das % retidas dos crivos redutores II N = Número de frações (ou tamanhos diretrizes) que compõem a graduação escolhida.					<b>Índice de Forma = 0,86</b>		
* = Tamanho Diretriz ---- ** Abertura em tamanhos comerciais									
OBRA:									
PROCEDÊNCIA: Seixo britado			LOCALIZAÇÃO:		NATUREZA:		AMOSTRA:	REGISTRO:	
LABORATÓRIO:		OPERADOR:		DATA:		CALCULISTA:		VISTO:	
OBSERVAÇÕES :									

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
LABORATÓRIO DE PAVIMENTOS  
ÍNDICE DE FORMA DE AGREGADO --- DNIT-ME-86/94

Data : AGOSTO/2006

CRIVOS REDUTORES CORRESPONDENTES MM **									
GRADUAÇÃO DO MATERIAL	CRIVO DE ABERTURA CIRCULAR (mm)		PESOS DAS FRAÇÕES DA AMOSTRA	CRIVO REDUTOR I			CRIVO REDUTOR II		
	PASSANDO *	RETIDO		ABERTURA (mm)	PESO RETIDO (g)	RETIDO (%)	ABERTURA (mm)	PESO RETIDO (g)	RETIDO (%)
	<b>A</b>	76,0		63,5	3000,0	38,0			25,0
63,5		50,0	3000,0	32,0			21,0		
50,0		38,0	3000,0	25,0			17,0		
38,0		32,0	3000,0	19,0			12,7		
<b>B</b>	32,0	25,0	2000,0	16,0			10,5		
	25,0	19,0	2000,0	12,7			8,5		
	19,0	16,0	2000,0	9,5			6,3		
<b>C</b>	19,0	16,0	2001,4	9,5	1900,9	95,0	6,3	102,5	5,1
	16,0	12,7	2000,1	8,0	1934,3	96,7	5,3	58,1	2,9
	12,7	9,5	2000,3	6,3	1678,1	83,9	4,2	301,1	15,1
<b>D</b>	12,7	9,5	1000,0	6,3			4,2		
	9,5	6,3	1000,0	4,8			3,2		
SOMA DAS PERCENTAGENS			Números de frações	3	<b>P<sub>1</sub>=</b>	275,58	—	<b>P<sub>2</sub>=</b>	23,07
FORMULA:		SENDO:					RESULTADO:		
$f = \frac{P_1 + 0,5 P_2}{100 N}$		<b>f= Índice de forma</b> Somatório das % retidas dos crivos redutores I <b>P<sub>1</sub>=</b> Somatório das % retidas dos crivos redutores II <b>P<sub>2</sub>=</b> Somatório das % retidas dos crivos redutores II <b>N =</b> Número de frações (ou tamanhos diretrizes) que compõem a graduação escolhida.					<b>ÍNDICE DE FORMA = 0,96</b>		
OBRA:									
PROCEDÊNCIA: Seixo "In Natura" 01			LOCALIZAÇÃO:		NATUREZA:		AMOSTRA: 1	REGISTRO:	
LABORATÓRIO:		OPERADOR:		DATA:		CALCULISTA:		VISTO:	
OBSERVAÇÕES									

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
LABORATÓRIO DE PAVIMENTOS  
ÍNDICE DE FORMA DE AGREGADO --- DNIT-ME-86/94

Data : AGOSTO/2006

CRIVOS REDUTORES CORRESPONDENTES MM **									
GRADUAÇÃO DO MATERIAL	CRIVO DE ABERTURA CIRCULAR (mm)		PESOS DAS FRAÇÕES DA AMOSTRA	CRIVO REDUTOR I			CRIVO REDUTOR II		
	PASSANDO *	RETIDO		ABERTURA (mm)	PESO RETIDO (g)	RETIDO (%)	ABERTURA (mm)	PESO RETIDO (g)	RETIDO (%)
	<b>A</b>	76,0		63,5	3000,0	38,0			25,0
63,5		50,0	3000,0	32,0			21,0		
50,0		38,0	3000,0	25,0			17,0		
38,0		32,0	3000,0	19,0			12,7		
<b>B</b>	32,0	25,0	2000,0	16,0			10,5		
	25,0	19,0	2000,0	12,7			8,5		
	19,0	16,0	2000,0	9,5			6,3		
<b>C</b>	19,0	16,0	2002,3	9,5	1878,5	93,8	6,3	121,2	6,1
	16,0	12,7	2000,9	8,0	1922,3	96,1	5,3	70,0	3,5
	12,7	9,5	2000,5	6,3	1695,4	84,8	4,2	285,8	14,3
<b>D</b>	12,7	9,5	1000,0	6,3			4,2		
	9,5	6,3	1000,0	4,8			3,2		
SOMA DAS PERCENTAGENS			Números de frações	3	<b>P<sub>1</sub>=</b>	274,64	—	<b>P<sub>2</sub>=</b>	23,83
FORMULA:		SENDO:				RESULTADO:			
$f = \frac{P_1 + 0,5 P_2}{100 N}$		f= Índice de forma Somatório das % retidas dos crivos redutores I Somatório das % retidas dos crivos redutores II Número de frações (ou tamanhos diretrizes) que compõem a graduação escolhida.				P <sub>1</sub> = P <sub>2</sub> = N = <b>ÍNDICE DE FORMA = 0,96</b>			
* = Tamanho Diretriz ---- ** Abertura em tamanhos comerciais									
OBRA:									
PROCEDÊNCIA: Seixo In natura 01			LOCALIZAÇÃO:		NATUREZA:		AMOSTRA: 2	REGISTRO:	
LABORATÓRIO:	OPERADOR:		DATA:		CALCULISTA:		VISTO:		
OBSERVAÇÕES									

## **ÍNDICE DE FORMA “PAQUIMETRO”**

**SEIXO BRITADO**

**SEIXO ROLADO**

<b>ÍNDICE DE FORMA PELO PAQUIMETRO NBR 7809 MAR/83</b>											
<b>SEIXO ROLADO Nº 00 - Material &lt; # 12,7 mm &gt; # 9,5 mm</b>											
Amostra	E	C	C/E	Amostra	E	C	C/E	Amostra	E	C	C/E
Nº	(mm)	(mm)	(mm)	Nº	(mm)	(mm)	(mm)	Nº	(mm)	(mm)	(mm)
1	6,61	16,01	2,42	48	10,25	17,26	1,68	95	9,14	12,33	1,35
2	7,10	17,14	2,41	49	8,49	17,82	2,10	96	8,42	12,85	1,53
3	9,54	18,75	1,97	50	11,01	12,76	1,16	97	8,49	16,14	1,90
4	8,95	18,96	2,12	51	11,19	15,89	1,42	98	9,35	12,02	1,29
5	9,51	18,64	1,96	52	7,41	17,99	2,43	99	8,02	15,43	1,92
6	11,62	16,58	1,43	53	10,09	16,57	1,64	100	7,73	13,46	1,74
7	7,62	16,78	2,20	54	9,27	20,32	2,19	101	6,66	11,75	1,76
8	10,24	13,37	1,31	55	9,93	16,98	1,71	102	7,42	12,81	1,73
9	10,18	19,79	1,94	56	7,70	15,32	1,99	103	9,58	15,90	1,66
10	9,64	15,78	1,64	57	11,77	14,84	1,26	104	8,77	14,08	1,61
11	7,62	15,14	1,99	58	10,24	13,30	1,30	105	9,81	16,07	1,64
12	8,44	16,11	1,91	59	7,75	14,83	1,91	106	6,51	18,08	2,78
13	9,43	17,71	1,88	60	12,25	15,54	1,27	107	10,19	18,82	1,85
14	8,01	16,86	2,10	61	6,46	14,33	2,22	108	9,79	17,59	1,80
15	6,69	18,02	2,69	62	6,65	12,05	1,81	109	6,35	15,86	2,50
16	9,92	16,05	1,62	63	8,95	18,23	2,04	110	9,69	19,35	2,00
17	8,91	21,24	2,38	64	6,54	16,84	2,57	111	6,99	20,86	2,98
18	6,38	11,88	1,86	65	9,04	14,15	1,57	112	9,28	22,37	2,41
19	10,31	13,22	1,28	66	9,48	17,16	1,81	113	9,63	20,17	2,09
20	8,57	13,65	1,59	67	7,05	14,59	2,07	114	8,56	18,58	2,17
21	9,34	14,99	1,60	68	6,02	13,78	2,29	115	9,01	18,03	2,00
22	8,70	16,02	1,84	69	9,42	14,60	1,55	116	8,07	12,63	1,57
23	10,02	13,07	1,30	70	8,96	15,91	1,78	117	9,95	12,05	1,21
24	6,02	15,48	2,57	71	8,22	12,75	1,55	118	7,87	13,45	1,71
25	6,29	13,03	2,07	72	7,61	16,61	2,18	119	10,72	14,84	1,38
26	10,16	15,05	1,48	73	10,49	14,50	1,38	120	10,86	20,64	1,90
27	9,29	19,54	2,10	74	11,24	18,25	1,62	121	8,68	19,65	2,26
28	9,01	12,20	1,35	75	8,59	16,81	1,96	122	6,58	16,98	2,58
29	6,71	14,87	2,22	76	8,11	14,98	1,85	123	8,13	17,07	2,10
30	9,55	18,09	1,89	77	10,79	21,94	2,03	124	8,71	16,59	1,90
31	10,51	22,24	2,12	78	9,25	18,68	2,02	125	9,45	16,33	1,73
32	10,48	20,59	1,96	79	9,91	14,80	1,49	126	7,22	16,80	2,33
33	9,54	24,06	2,52	80	7,76	13,72	1,77	127	7,44	15,25	2,05
34	7,14	14,89	2,09	81	8,58	18,71	2,18	128	9,83	13,81	1,40
35	9,56	14,72	1,54	82	5,86	17,64	3,01	129	10,09	14,99	1,49
36	10,68	17,05	1,60	83	10,03	15,45	1,54	130	4,78	12,54	2,62
37	8,42	18,19	2,16	84	9,68	16,60	1,71	131	8,04	15,09	1,88
38	10,33	17,15	1,66	85	8,35	21,20	2,54	132	7,91	13,05	1,65
39	8,49	12,49	1,47	86	11,14	17,10	1,54	133	9,29	13,00	1,40
40	10,51	21,19	2,02	87	9,17	18,36	2,00	134	7,94	16,86	2,12
41	7,55	16,56	2,19	88	10,02	16,13	1,61	135	5,98	16,21	2,71
42	8,45	15,58	1,84	89	10,61	16,72	1,58	136	7,82	14,89	1,90
43	7,28	16,42	2,26	90	10,30	15,20	1,48	137	9,49	18,90	1,99
44	9,06	20,54	2,27	91	7,67	13,65	1,78	138	11,88	16,71	1,41

45	7,19	16,40	2,28	92	9,28	21,91	2,36	139	9,86	17,32	1,76
46	8,88	16,82	1,89	93	9,44	17,57	1,86	140	8,52	16,14	1,89
47	9,64	14,44	1,50	94	8,45	13,42	1,59	141	8,71	17,12	1,97
142	6,38	18,68	2,93	163	7,94	13,64	1,72	184	9,22	13,19	1,43
143	10,50	14,01	1,33	164	9,01	14,75	1,64	185	6,25	10,56	1,69
144	7,00	20,02	2,86	165	8,33	13,51	1,62	186	9,38	13,26	1,41
145	5,88	15,75	2,68	166	8,39	17,28	2,06	187	8,21	16,91	2,06
146	8,65	13,79	1,59	167	8,37	13,26	1,58	188	12,67	19,02	1,50
147	7,40	15,41	2,08	168	8,92	17,48	1,96	189	7,80	11,47	1,47
148	12,75	16,08	1,26	169	10,99	16,78	1,53	190	11,37	18,83	1,66
149	7,76	18,39	2,37	170	9,43	16,55	1,76	191	7,89	14,25	1,81
150	13,17	14,98	1,14	171	7,54	16,09	2,13	192	7,45	17,06	2,29
151	6,94	14,86	2,14	172	7,38	18,26	2,47	193	6,35	17,36	2,73
152	9,17	17,44	1,90	173	7,13	14,45	2,03	194	10,09	14,74	1,46
153	8,04	15,61	1,94	174	7,15	15,54	2,17	195	7,12	16,99	2,39
154	8,49	15,54	1,83	175	9,07	10,96	1,21	196	9,44	16,41	1,74
155	6,85	11,75	1,72	176	9,41	18,76	1,99	197	10,51	14,55	1,38
156	7,61	17,06	2,24	177	8,70	13,67	1,57	198	10,43	14,48	1,39
157	9,86	15,90	1,61	178	9,61	21,71	2,26	199	11,71	15,19	1,30
158	8,94	12,92	1,45	179	8,49	13,71	1,61	200	8,74	12,85	1,47
159	7,81	16,80	2,15	180	15,59	15,91	1,02				
160	12,09	17,16	1,42	181	13,06	18,52	1,42				
161	9,08	18,97	2,09	182	10,78	15,34	1,42				
162	8,37	15,30	1,83	183	12,77	14,10	1,10				

**Indice de Forma = 1,86**



## ÍNDICE DE FORMA PELO PAQUIMETRO NBR 7809 MAR/83

### SEIXO BRITADO Nº 00 - Material < # 12,7 mm e > # 9,5 mm

Amostra	E	C	C/E	Amostra	E	C	C/E	Amostra	E	C	C/E
Nº	(mm)	(mm)	(mm)	Nº	(mm)	(mm)	(mm)	Nº	(mm)	(mm)	(mm)
1	9,24	15,25	1,65	68	6,9	13,87	2,01	135	11,27	14,62	1,30
2	8,86	15,26	1,72	69	7,34	17,45	2,38	136	6,79	15,00	2,21
3	9,15	24,95	2,73	70	10,52	16,27	1,55	137	6,74	15,08	2,24
4	6,86	19,34	2,82	71	8,19	25,94	3,17	138	9,05	15,98	1,77
5	8,74	19,66	2,25	72	9,85	14,32	1,45	139	8,52	16,39	1,92
6	12,09	14,51	1,20	73	6,68	16,11	2,41	140	9,56	15,05	1,57
7	9,45	15,49	1,64	74	5,73	14,41	2,51	141	8,69	15,31	1,76
8	9,65	18,56	1,92	75	6,35	13,99	2,20	142	10,27	14,34	1,40
9	9,13	17,95	1,97	76	6,52	18,35	2,81	143	9,57	16,75	1,75
10	10,6	18,18	1,72	77	8,41	13,2	1,57	144	7,34	15,88	2,16
11	10,15	17,19	1,69	78	5,54	16,51	2,98	145	7,64	14,49	1,90
12	7,34	17,97	2,45	79	9,37	18,41	1,96	146	8,57	15,81	1,84
13	9,79	23,52	2,40	80	9,04	21,15	2,34	147	9,73	15,98	1,64
14	8,89	15,57	1,75	81	8,36	16,05	1,92	148	10,19	15,34	1,51
15	10,91	17,1	1,57	82	8,78	19,04	2,17	149	8,1	16,04	1,98
16	12,3	14,45	1,17	83	8,49	15,19	1,79	150	8,09	18,77	2,32
17	8,63	19,72	2,29	84	7,92	16,45	2,08	151	9,85	17,62	1,79
18	8,47	14,12	1,67	85	9,44	19,6	2,08	152	8,02	18,74	2,34
19	7,74	15,38	1,99	86	9,67	16,49	1,71	153	9,24	14,49	1,57
20	5,11	17,53	3,43	87	8,14	15,04	1,85	154	9,79	18,82	1,92
21	10,98	16,66	1,52	88	9,1	20,58	2,26	155	11,1	19,21	1,73
22	10,48	24,94	2,38	89	4,41	18,94	4,29	156	9,39	15,95	1,70
23	10,36	17,34	1,67	90	8,83	14,3	1,62	157	8,94	18,93	2,12
24	7,99	17,04	2,13	91	8,87	20,48	2,31	158	7,46	17,45	2,34
25	6,19	18,16	2,93	92	8,51	16,51	1,94	159	10,35	13,87	1,34
26	10,84	24,79	2,29	93	6,81	15,88	2,33	160	7,17	20,44	2,85
27	12,76	17,47	1,37	94	7,4	14,78	2,00	161	8,65	16,81	1,94
28	8,88	18,7	2,11	95	7,43	15,76	2,12	162	9,5	15,34	1,61
29	7,29	14,45	1,98	96	10,18	16,29	1,60	163	10,09	17,43	1,73
30	7,97	21,59	2,71	97	8,86	18,82	2,12	164	9,68	13,01	1,34
31	8,39	20,14	2,40	98	7,2	12,79	1,78	165	5,19	13,36	2,57
32	11,19	21,48	1,92	99	6,78	15,58	2,30	166	8,81	16,59	1,88
33	10,11	16,42	1,62	100	8,67	13,71	1,58	167	7,54	17,61	2,34
34	9,26	18,39	1,99	101	9,4	18,93	2,01	168	7,1	17,49	2,46
35	8,74	17,42	1,99	102	8,46	13,81	1,63	169	7,17	15,87	2,21
36	10,08	16,49	1,64	103	10,44	16,46	1,58	170	8,59	13,57	1,58
37	7,29	15,05	2,06	104	6,56	14,72	2,24	171	10,93	12,17	1,11
38	11,67	17,76	1,52	105	8,16	20,95	2,57	172	7,22	17,29	2,39
39	10,92	16,04	1,47	106	9,29	13,67	1,47	173	8,34	16,49	1,98
40	9,2	20,72	2,25	107	8,95	14,23	1,59	174	13,45	13,94	1,04
41	9,47	21,44	2,26	108	8,04	15,79	1,96	175	8,37	15,12	1,81
42	8,25	14,36	1,74	109	9,79	22,06	2,25	176	10,5	17,02	1,62
43	9,4	15,37	1,64	110	8,34	14,63	1,75	177	9,25	14,11	1,53
44	8,8	18,96	2,15	111	9,88	18,24	1,85	178	8,11	17,58	2,17

45	9,46	21,81	2,31	112	8,85	15,3	1,73	179	9,04	17,15	1,90
46	8,08	23,05	2,85	113	5,1	15,28	3,00	180	9,52	25,25	2,65
47	10,93	25,12	2,30	114	5,7	17,82	3,13	181	10,77	16,61	1,54
48	9,7	15,08	1,55	115	10,08	20,55	2,04	182	7,03	18,75	2,67
49	8,26	18,66	2,26	116	10,71	14,55	1,36	183	10,66	15,01	1,41
50	8,08	15,82	1,96	117	9,91	19,17	1,93	184	11,93	17,53	1,47
51	9,36	16,52	1,76	118	8,24	16,45	2,00	185	7,74	20,78	2,68
52	11,05	14,11	1,28	119	7,61	14,27	1,88	186	7,41	17,97	2,43
53	5,86	16,89	2,88	120	7,87	15,24	1,94	187	8,92	14,55	1,63
54	11,04	19,96	1,81	121	9,1	14,03	1,54	188	6,97	14,23	2,04
55	9,96	17,07	1,71	122	9,78	16,59	1,70	189	9,81	17,65	1,80
56	9,3	20,23	2,18	123	9,55	19,98	2,09	190	7,01	18,09	2,58
57	8,98	15,07	1,68	124	8,99	14,54	1,62	191	8,22	20,41	2,48
58	7,44	14,74	1,98	125	5,44	15,23	2,80	192	7,74	12,71	1,64
59	3,89	19,41	4,99	126	9,04	17,1	1,89	193	9,96	20,14	2,02
60	6,83	13,28	1,94	127	14,46	16,64	1,15	194	6,85	19,63	2,87
61	10,76	15,92	1,48	128	10,64	21,95	2,06	195	9,61	13,65	1,42
62	7,81	15,65	2,00	129	11,06	14,44	1,31	196	5,64	15,5	2,75
63	8,44	16,37	1,94	130	7,75	18,89	2,44	197	8,97	21,03	2,34
64	7,68	18,62	2,42	131	10,39	15,17	1,46	198	9,3	12,89	1,39
65	10,09	16,88	1,67	132	10,63	11,5	1,08	199	5,72	15,74	2,75
66	9,41	16,7	1,77	133	8,35	17,7	2,12	200	6,37	19,33	3,03
67	9,58	15,01	1,57	134	10,44	17,3	1,66				

Índice de Forma = **2,01**

**CALCULO DO PCA PARA DETERMINAÇÃO  
DO  $VCA_{MIX}$**

**MISTURA 04**

**MISTURA 05**

**MISTURA 04-A**

**MISTURA 05-A**

**Composição Granulométrica da Mistura SMA 04 para CBUQ PTMN=9,5**

Massa do Corpo de Prova (g)	Teor de Ligante (%)	Massa do Ligante (g)	Massa dos Agregados (g)	Seixo Nº 01 (%)	Seixo Nº 00 (%)	Areia Grossa (%)	Areia Fina (%)	Filler (%)
1200	6,8	81,60	1118,40	0,00	861,17	100,66	83,88	72,70
<b>Composição do Seixo 00</b>				<b>Composição da Mistura SMA 04 ( 6,8 % de ligante )</b>				
<b>Peneiras em mm</b>	<b>% de material</b>	<b>Massa do Seixo (g)</b>	<b>Massa Acumulada (g)</b>	<b>Seixo Britado</b>				
> 9,5 mm	10,0	86,12	86,12	<b>Peneiras em mm</b>	<b>Massa do Seixo (g)</b>	<b>Massa Acum. (g)</b>		
> 4,8 mm	80,0	688,93	775,05	> 19,1 mm	0,00			
> 2,36 mm	8,7	74,92	849,97	> 12,7 mm	0,00			
> 2,0 mm	1,3	11,20	861,17	> 9,5 mm	86,12	86,12	86,12	
<b>Total</b>	<b>100,0</b>	<b>861,17</b>		> 4,8 mm	688,93	775,05	775,05	
<b>Composição do Seixo 01</b>				> 2,36 mm	74,92	849,97	849,97	
<b>Peneiras em mm</b>	<b>% de material</b>	<b>Massa do Seixo (g)</b>	<b>Massa Acum. (g)</b>	> 2,0 mm	11,20	861,17	861,17	
> 19,1 mm		0,00	0,00	> 0,42	0,00	861,17	861,17	
> 12,7 mm	0,0	0,00	0,00	> 0,18	0,00	861,17	861,17	
> 9,5 mm	0,0	0,00	0,00	> 0,074 mm	0,00	861,17	861,17	
> 4,8 mm	0,0	0,00	0,00	< 0,074 mm	0,00	861,17	861,17	
> 2,36 mm	0,0	0,00	0,00	Menor que 4,8 mm	0,00	861,17	861,17	
> 2,0 mm	0,0	0,00	0,00	<b>Total</b>	<b>0,00</b>	<b>861,17</b>	<b>861,17</b>	
> 0,42 mm	0,0	0,00	0,00	<b>Areia</b>				
> 0,18	0,0	0,00	0,00	<b>Peneiras em mm</b>	<b>Massa da Areia (g)</b>	<b>Massa Acum. (g)</b>		
> 0,074 mm				> 2,36 mm	2,21	2,21	2,21	
< 0,074 mm	0,0	0,00	0,00	> 2,0 mm	0,30	2,52	2,52	
<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	> 0,42 mm	60,44	62,96	62,96	
<b>Composição da Areia Grossa</b>				> 0,18 mm	53,38	116,34	116,34	
<b>Peneiras em mm</b>	<b>% de material</b>	<b>Massa do Seixo (g)</b>	<b>Massa Acumulada (g)</b>	> 0,074 mm	47,86	164,20	164,20	
> 2,36 mm	2,2	2,21	2,21	< 0,074 mm	20,33	184,54	184,54	
> 2,0 mm	0,3	0,30	2,52	<b>Total</b>		<b>184,54</b>	<b>184,54</b>	
> 0,42 mm	47,8	48,11	50,63	<b>Filler</b>				
> 0,18 mm	34,2	34,42	85,05	<b>Peneiras em mm</b>	<b>Massa do Filler (g)</b>	<b>Massa Acum. (g)</b>		
> 0,074 mm	10,3	10,37	95,42	> 0,18 mm				
< 0,074 mm	5,2	5,23	100,66	> 0,074 mm				
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100,66</b>		< 0,074 mm	72,70	72,70	72,70	
<b>Composição da Areia Fina</b>				<b>Total</b>			<b>1118,40</b>	
<b>Peneiras em mm</b>	<b>% de material</b>	<b>Massa do Seixo (g)</b>	<b>Massa Acumulada (g)</b>	<b>PCA=</b>				
> 2,0 mm								
> 0,42 mm	14,7	12,33	12,33		71,02			
> 0,18 mm	22,6	18,96	31,29					
> 0,074 mm	44,7	37,49	68,78					
< 0,074 mm	18,0	15,10	83,88					
<b>Total</b>	<b>100,0</b>	<b>83,88</b>						

Composição Granulométrica da Mistura SMA 05 para CBUQ PTMN=12,5								
Massa do Corpo de Prova	Teor de Ligante	Massa do Ligante	Massa dos Agregados	Seixo Nº 01 (%)	Seixo Nº 00 (%)	Areia Grossa (%)	Areia Fina (%)	Filler (%)
(g)	(%)	(g)	(g)					
1200	8,25	99,00	1101,00	14,50	67,0	3,0	9,0	6,5
				159,65	737,67	33,03	99,09	71,57
Composição do Seixo 00				Composição da Mistura SMA 05 ( 8,25 % de ligante )				
Peneiras em mm	% de material	Massa do Seixo (g)	Massa Acumulada (g)	Seixo Britado				
> 12,7 mm	1,4	10,33	10,33	Peneiras em mm	Massa do Seixo (g)	Massa Acum. (g)		
> 9,5 mm	18,6	137,21	147,53	> 12,7 mm	110,58	110,58	110,58	
> 4,8 mm	70,0	516,37	663,90	> 9,5 mm	159,40	269,98	269,98	
< 4,8 mm	10,0	73,77	737,67	> 4,8 mm	553,57	823,55	823,55	
Total	100,0	737,67		> 2,0 mm	0,00	823,55	823,55	
Composição do Seixo 01				> 0,42	0,00	823,55	823,55	
Peneiras em mm	% de material	Massa do Seixo (g)	Massa Acum. (g)	> 0,18	0,00	823,55	823,55	
> 12,7 mm	62,8	100,26	100,26	> 0,074 mm	0,00	823,55	823,55	
> 9,5 mm	13,9	22,19	122,45	< 0,074 mm	0,00	823,55	823,55	
> 4,8 mm	23,3	37,20	159,65	Menor que 4,8 mm	73,77	897,32	897,32	
> 2,0 mm	0,0	0,00	159,65	Total	897,32	897,32	897,32	
> 0,42 mm	0,0	0,00	159,65	Areia				
> 0,18	0,0	0,00	159,65	Peneiras em mm	Massa da Areia (g)	Massa Acum. (g)		
> 0,074 mm	0,0	0,00	159,65	> 2,0 mm	0,83	0,83	0,83	
< 0,074 mm	0,0	0,00	159,65	> 0,42 mm	30,35	31,18	31,18	
Total	0,0	159,65		> 0,18 mm	33,69	64,87	64,87	
Composição da Areia Grossa				> 0,074 mm	47,70	112,57	112,57	
Peneiras em mm	% de material	Massa do Seixo (g)	Massa Acumulada (g)	< 0,074 mm	19,55	132,12	132,12	
> 2,0 mm	2,5	0,83	0,83	Total	132,12		132,12	
> 0,42 mm	47,8	15,79	16,61	Filler				
> 0,18 mm	34,2	11,30	27,91	Peneiras em mm	Massa do Filler (g)	Massa Acum. (g)		
> 0,074 mm	10,3	3,40	31,31	> 0,18 mm				
< 0,074 mm	5,2	1,72	33,03	> 0,074 mm				
Total	100	33,03		< 0,074 mm				
Composição da Areia Fina				Total	71,57	71,57	1101,00	
Peneiras em mm	% de material	Massa do Seixo (g)	Massa Acumulada (g)	PCA= 68,63				
> 2,0 mm								
> 0,42 mm	14,7	14,57	14,57					
> 0,18 mm	22,6	22,39	36,96					
> 0,074 mm	44,7	44,29	81,25					
< 0,074 mm	18,0	17,84	99,09					
Total	100,0	99,09						

**Composição Granulométrica da Mistura SMA 04A para CBUQ PTMN=9,5**

Massa do Corpo de Prova (g)	Teor de Ligante (%)	Massa do Ligante (g)	Massa dos Agregados (g)	Seixo Nº 01 (%)	Seixo Nº 00 (%)	Areia Grossa (%)	Areia Fina (%)	Filler (%)
1200	6,9	82,80	1117,20	0,00	860,24	100,55	83,79	72,62
<b>Composição do Seixo 00</b>				<b>Composição da Mistura SMA 04 ( 6,8 % de ligante )</b>				
Peneiras em mm	% de material	Massa do Seixo (g)	Massa Acumulada (g)	<b>Seixo Britado</b>				
> 9,5 mm	10,0	86,02	86,02	Peneiras em mm	Massa do Seixo (g)	Massa Acum. (g)		
> 4,8 mm	80,0	688,20	774,22	> 19,1 mm	0,00			
> 2,36 mm	8,7	74,84	849,06	> 12,7 mm	0,00			
> 2,0 mm	1,3	11,18	860,24	> 9,5 mm	86,02	86,02	86,02	86,02
Total	91,3	860,24		> 4,8 mm	688,20	774,22	774,22	774,22
<b>Composição do Seixo 01</b>				> 2,36 mm	74,84	849,06	849,06	849,06
Peneiras em mm	% de material	Massa do Seixo (g)	Massa Acum. (g)	> 2,0 mm	11,18	860,24	860,24	860,24
> 19,1 mm		0,00	0,00	> 0,42	0,00	860,24	860,24	860,24
> 12,7 mm	0,0	0,00	0,00	> 0,18	0,00	860,24	860,24	860,24
> 9,5 mm	0,0	0,00	0,00	> 0,074 mm	0,00	860,24	860,24	860,24
> 4,8 mm	0,0	0,00	0,00	< 0,074 mm	0,00	860,24	860,24	860,24
> 2,36 mm	0,0	0,00	0,00	Menor que 4,8 mm	0,00	860,24	860,24	860,24
> 2,0 mm	0,0	0,00	0,00	Total	0,00	860,24	860,24	860,24
> 0,42 mm	0,0	0,00	0,00	<b>Areia</b>				
> 0,18	0,0	0,00	0,00	Peneiras em mm	Massa da Areia (g)	Massa Acum. (g)		
> 0,074 mm				> 2,4 mm	2,21	2,21	2,21	2,21
< 0,074 mm	0,0	0,00	0,00	> 2,0 mm	0,30	2,51	2,51	2,51
Total	0,0	0,00	0,00	> 0,42 mm	60,38	62,89	62,89	62,89
<b>Composição da Areia Grossa</b>				> 0,18 mm	53,32	116,22	116,22	116,22
Peneiras em mm	% de material	Massa do Seixo (g)	Massa Acumulada (g)	> 0,074 mm	47,81	164,03	164,03	164,03
> 2,36 mm	2,2	2,21	2,21	< 0,074 mm	20,31	184,34	184,34	184,34
> 2,0 mm	0,3	0,30	2,51	Total		184,34	184,34	184,34
> 0,42 mm	47,8	48,06	50,58	<b>Filler</b>				
> 0,18 mm	34,2	34,39	84,96	Peneiras em mm	Massa do Filler (g)	Massa Acum. (g)		
> 0,074 mm	10,3	10,36	95,32	> 0,18 mm				
< 0,074 mm	5,2	5,23	100,55	> 0,074 mm				
Total	97,8	100,55		< 0,074 mm	72,62	72,62	72,62	72,62
<b>Composição da Areia Fina</b>				Total				1117,20
Peneiras em mm	% de material	Massa do Seixo (g)	Massa Acumulada (g)	<b>PCA=</b>				<b>70,94</b>
> 2,0 mm								
> 0,42 mm	14,7	12,32	12,32					
> 0,18 mm	22,6	18,94	31,25					
> 0,074 mm	44,7	37,45	68,71					
< 0,074 mm	18,0	15,08	83,79					
Total	100,0	83,79						



## **ENSAIO TRIAXIAL DINÂMICO (SOLOS)**

**SUB-LEITO (E-100) – SANTOS (1998)**

**SUB-BASE (E-800) – SANTOS (1998)**

**BASE (E-800) – SANTOS (1998)**

**MODELO COMPOSTO SUB-LEITO**

**MODELO COMPOSTO SUB-BASE**

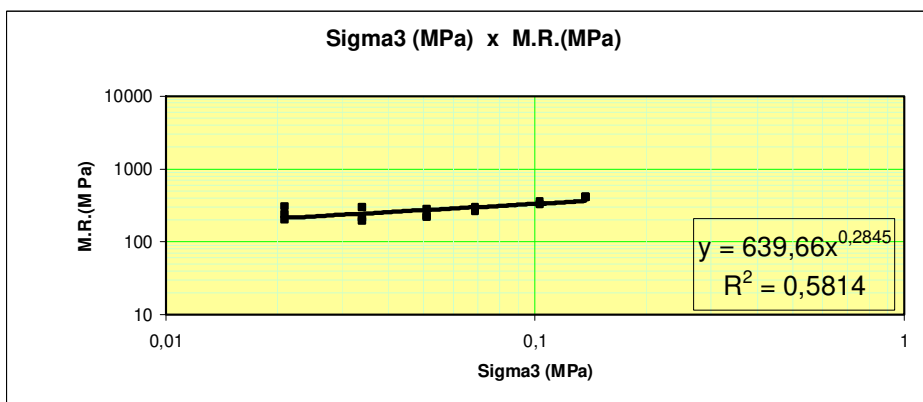
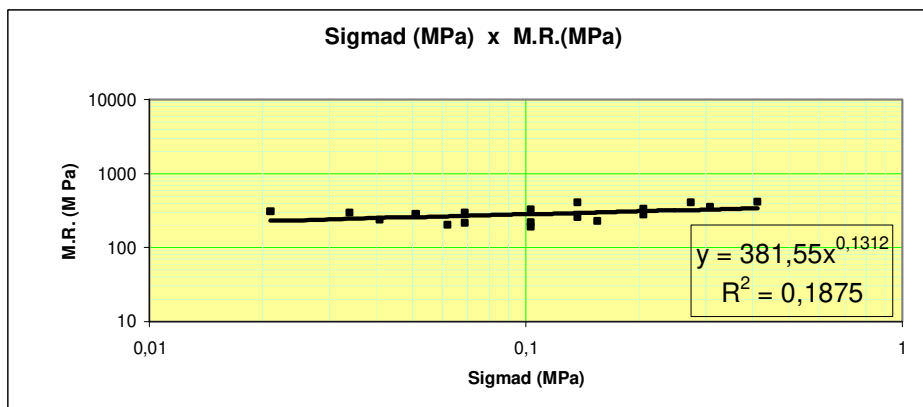
**MODELO COMPOSTO BASE**



### RELATORIO DE ENSAIO TRIAXIAL DINAMICO

<b>Amostra:</b>	Sub Leito	<b>Peso C.P. (g)</b>	
<b>Origem:</b>	E-100	<b>Operador:</b>	
<b>Daimetro C.P. (cm):</b>	10	<b>Interessado:</b>	
<b>Altura C.P. (cm):</b>	20	<b>Data:</b>	
<b>Umidade Otima (%):</b>			
<b>Energia:</b>	Normal		
<b>Distância Apoios (mm):</b>	200		

Tensão Confinante (Mpa)	Tensão Desvio (Mpa)	Deslocamento (mm)	Deformação Especifica Resiliente	Módulo Resiliente (Mpa)
0,021	0,021	0,013454	0,000067	306
0,021	0,041	0,034596	0,000173	238
0,021	0,062	0,061504	0,000308	201
0,034	0,034	0,023064	0,000115	298
0,034	0,069	0,063426	0,000317	216
0,034	0,103	0,107632	0,000538	191
0,051	0,051	0,036518	0,000183	282
0,051	0,103	0,094178	0,000471	219
0,051	0,155	0,136462	0,000682	226
0,069	0,069	0,046128	0,000231	298
0,069	0,137	0,105710	0,000529	260
0,069	0,206	0,149916	0,00075	275
0,103	0,103	0,063426	0,000317	325
0,103	0,206	0,124930	0,000625	330
0,103	0,309	0,172980	0,000865	357
0,137	0,137	0,067270	0,000336	408
0,137	0,275	0,134540	0,000673	408
0,137	0,412	0,199888	0,000999	412

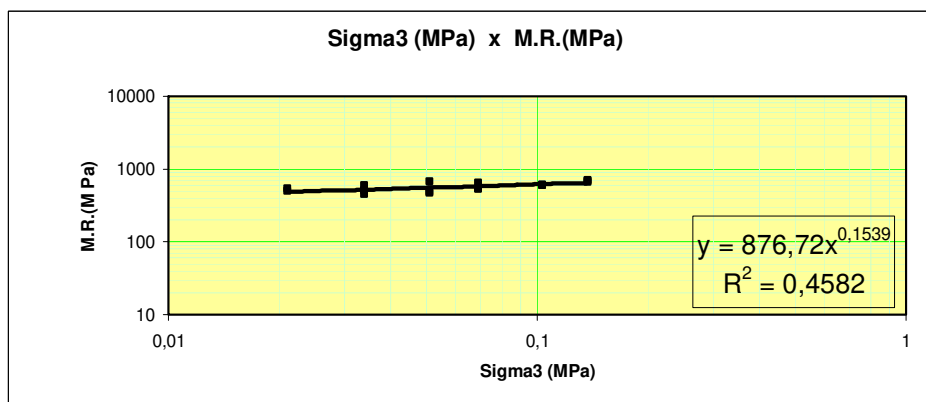
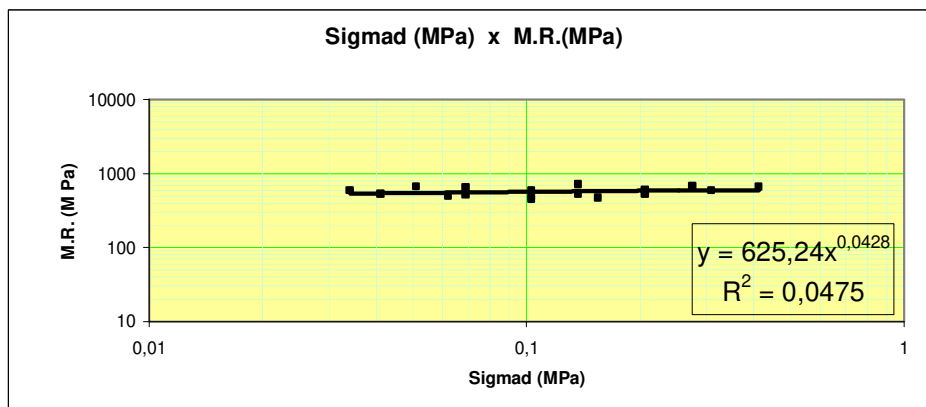


### RELATORIO DE ENSAIO TRIAXIAL DINAMICO

**Amostra:**   
**Origem:**   
**Daimêtro C.P. (cm):**   
**Altura C.P. (cm):**   
**Umidade Otima (%):**   
**Energia:**   
**Distância Apoios (mm):**

**Peso C.P. (g)**   
**Operador:**   
**Interessado:**   
**Data:**

Tensão Confinante (Mpa)	Tensão Desvio (Mpa)	Deslocamento (mm)	Deformação Especifica Resiliente	Módulo Resiliente (Mpa)
0,021	0,021			
0,021	0,041	0,015376	0,000077	536
0,021	0,062	0,024986	0,000125	494
0,034	0,034	0,011532	0,000058	595
0,034	0,069	0,026908	0,000135	510
0,034	0,103	0,046128	0,000231	446
0,051	0,051	0,015376	0,000077	669
0,051	0,103	0,042284	0,000211	487
0,051	0,155	0,065348	0,000327	473
0,069	0,069	0,021142	0,000106	649
0,069	0,137	0,051894	0,000259	529
0,069	0,206	0,076880	0,000384	536
0,103	0,103	0,034596	0,000173	595
0,103	0,206	0,067270	0,000336	612
0,103	0,309	0,103788	0,000519	595
0,137	0,137	0,038440	0,000192	714
0,137	0,275	0,080724	0,000404	680
0,137	0,412	0,124930	0,000625	659

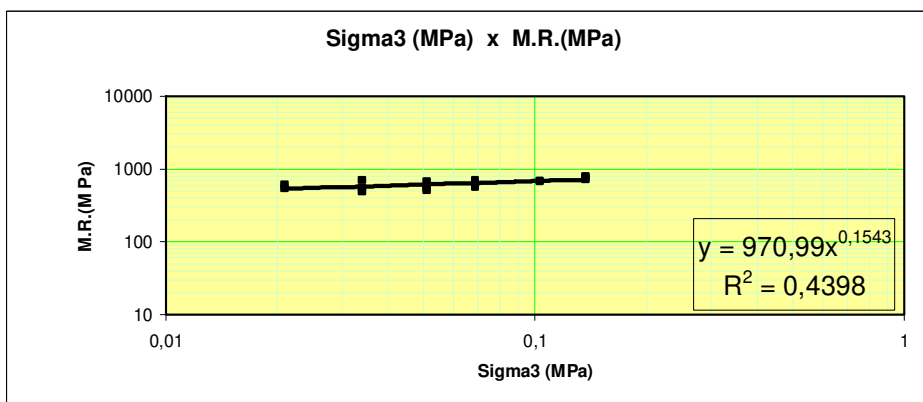
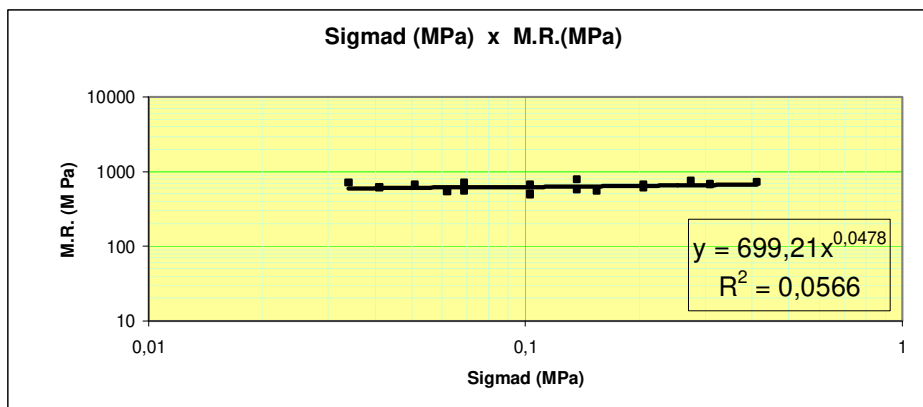


### RELATORIO DE ENSAIO TRIAXIAL DINAMICO

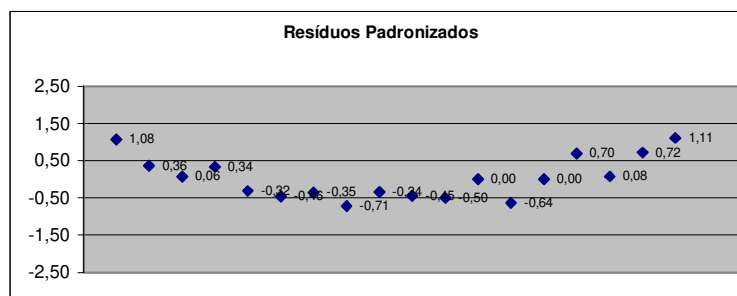
**Amostra:** Base  
**Origem:** solo laterítico E-800  
**Daimêtro C.P. (cm):** 10  
**Altura C.P. (cm):** 20  
**Umidade Otima (%):**  
**Energia:** Modificado  
**Distância Apoios (mm):** 200

**Peso C.P. (g)**   
**Operador:**   
**Interessado:** João Batista  
**Data:**

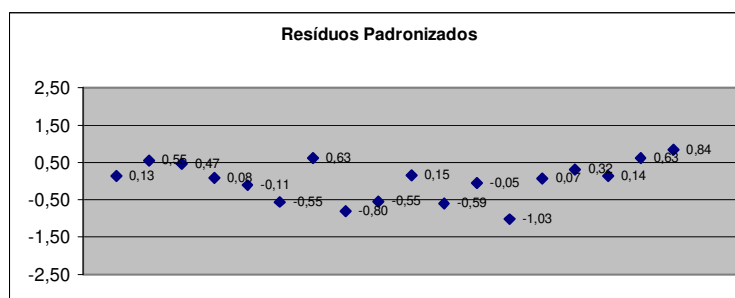
Tensão Confinante (Mpa)	Tensão Desvio (Mpa)	Deslocamento (mm)	Deformação Especifica Resiliente	Módulo Resiliente (Mpa)
0,021	0,021			612
0,021	0,041	0,013454	0,000067	536
0,021	0,062	0,023064	0,000115	
0,034	0,034	0,009610	0,000048	714
0,034	0,069	0,024986	0,000125	549
0,034	0,103	0,042284	0,000211	487
0,051	0,051	0,015376	0,000077	669
0,051	0,103	0,040362	0,000202	510
0,051	0,155	0,055738	0,000279	554
0,069	0,069	0,019220	0,000096	714
0,069	0,137	0,048050	0,00024	571
0,069	0,206	0,067270	0,000336	612
0,103	0,103	0,030752	0,000154	669
0,103	0,206	0,061504	0,000308	669
0,103	0,309	0,090334	0,000452	684
0,137	0,137	0,034596	0,000173	793
0,137	0,275	0,073036	0,000365	752
0,137	0,412	0,113398	0,000567	726



AMOSTRA SUB LEITO ORIGEM E-100		COEFICIENTES DA REGRESSÃO									
		INTERSEÇÃO			M <sub>R</sub> = K <sub>1</sub> σ <sub>3</sub> <sup>k<sub>2</sub></sup> σ <sub>d</sub> <sup>k<sub>3</sub></sup>						
		b1	-8,22370555								
		b2	-0,45232889								
		k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>							
		0,000268219	-0,45232889	1,170026476							
		R <sup>2</sup> =			0,959570174						
		K <sub>1</sub> = 1/k <sub>1</sub>	K <sub>2</sub> = -k <sub>2</sub>	K <sub>3</sub> = 1-k <sub>3</sub>							
		3,728	0,4523	-0,1700							
DADOS DO ENSAIO TRIAXIAL DINAMICO											
σ <sub>3</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>d</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	ε <sub>a</sub>	M <sub>R</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	LN ε <sub>a</sub>	LN σ <sub>3</sub>	LN σ <sub>d</sub>	M <sub>R</sub> Calculado (kgf/cm <sup>2</sup> )	ERRO (kgf/cm <sup>2</sup> )	ERRO (%)	Resíduo Padronizado	
0,2142	0,2142	0,000067	3,197	-9,61082	-1,54084512	-1,54084512	2,413	784	24,52	1,08	
0,2142	0,4182	0,000173	2,417	-8,66222	-1,54084512	-0,87179549	2,154	264	10,90	0,36	
0,2142	0,6324	0,000308	2,053	-8,08541	-1,54084512	-0,45823317	2,008	46	2,23	0,06	
0,3468	0,3468	0,000115	3,016	-9,07058	-1,05900703	-1,05900703	2,765	251	8,32	0,34	
0,3468	0,7038	0,000317	2,220	-8,05661	-1,05900703	-0,35126105	2,451	-231	10,41	-0,32	
0,3468	1,0506	0,000538	1,953	-7,52765	-1,05900703	0,04936143	2,290	-337	17,27	-0,46	
0,5202	0,5202	0,000183	2,843	-8,60602	-0,65354193	-0,65354193	3,100	-258	9,06	-0,35	
0,5202	1,0506	0,000471	2,231	-7,66065	-0,65354193	0,04936143	2,751	-520	23,33	-0,71	
0,5202	1,581	0,000682	2,318	-7,29048	-0,65354193	0,458057558	2,566	-248	10,70	-0,34	
0,7038	0,7038	0,000231	3,047	-8,37309	-0,35126105	-0,35126105	3,376	-330	10,82	-0,45	
0,7038	1,3974	0,000529	2,642	-7,54452	-0,35126105	0,334613367	3,005	-363	13,75	-0,50	
0,7038	2,1012	0,00075	2,802	-7,19544	-0,35126105	0,74250861	2,803	-2	0,06	0,00	
1,0506	1,0506	0,000317	3,314	-8,05661	0,04936143	0,04936143	3,781	-466	14,07	-0,64	
1,0506	2,1012	0,000625	3,362	-7,37776	0,04936143	0,74250861	3,360	2	0,05	0,00	
1,0506	3,1518	0,000865	3,644	-7,05278	0,04936143	1,147973718	3,136	507	13,92	0,70	
1,3974	1,3974	0,000336	4,159	-7,99840	0,334613367	0,334613367	4,098	61	1,47	0,08	
1,3974	2,805	0,000673	4,168	-7,30377	0,334613367	1,031403539	3,640	528	12,67	0,72	
1,3974	4,2024	0,000999	4,207	-6,90876	0,334613367	1,435655791	3,398	809	19,22	1,11	
Desv. Padrão			728,7817326					Média	11,2648		



AMOSTRA SUB BASE ORIGEM E-800		COEFICIENTES DA REGRESSÃO								
		INTERSEÇÃO		-8,83105015						
		b1		-0,29148194						
		b2		1,153533747						
		k <sub>1</sub>		k <sub>2</sub>		k <sub>3</sub>				
		0,000146125		-0,29148194		1,153533747				
		R <sup>2</sup> =		0,990033756						
		M <sub>R</sub> =		K <sub>1</sub> σ <sub>3</sub> <sup>k<sub>2</sub></sup> σ <sub>d</sub> <sup>k<sub>3</sub></sup>						
		K <sub>1</sub> = 1/k <sub>1</sub>		K <sub>2</sub> = -k <sub>2</sub>		K <sub>3</sub> = 1-k <sub>3</sub>				
		6,843		0,2915		-0,1535				
DADOS DO ENSAIO TRIAXIAL DINAMICO										
σ <sub>3</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>d</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	ε <sub>a</sub>	M <sub>R</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	LN ε <sub>a</sub>	LN σ <sub>3</sub>	LN σ <sub>d</sub>	M <sub>R</sub> Calculado (kgf/cm <sup>2</sup> )	ERRO (kgf/cm <sup>2</sup> )	ERRO (%)	Resíduo Padronizado
0,2142	0,2142	0,000038	5,637	-10,17792	-1,54084512	-1,5408451	5,533	104	1,84	0,13
0,2142	0,4182	0,000077	5,431	-9,47171	-1,54084512	-0,8717955	4,993	438	8,07	0,55
0,2142	0,6324	0,000125	5,059	-8,98720	-1,54084512	-0,4582332	4,686	373	7,38	0,47
0,3468	0,3468	0,000058	5,979	-9,75507	-1,05900703	-1,059007	5,913	66	1,10	0,08
0,3468	0,7038	0,000135	5,213	-8,91024	-1,05900703	-0,3512611	5,304	-91	1,75	-0,11
0,3468	1,0506	0,000231	4,548	-8,37309	-1,05900703	0,04936143	4,988	-440	9,67	-0,55
0,5202	0,5202	0,000077	6,756	-9,47171	-0,65354193	-0,6535419	6,253	502	7,44	0,63
0,5202	1,0506	0,000211	4,979	-8,46365	-0,65354193	0,04936143	5,614	-635	12,75	-0,80
0,5202	1,581	0,000327	4,835	-8,02555	-0,65354193	0,45805756	5,272	-437	9,05	-0,55
0,7038	0,7038	0,000106	6,640	-9,15207	-0,35126105	-0,3512611	6,520	120	1,81	0,15
0,7038	1,3974	0,000259	5,395	-8,25868	-0,35126105	0,33461337	5,868	-473	8,76	-0,59
0,7038	2,1012	0,000384	5,472	-7,86487	-0,35126105	0,74250861	5,512	-40	0,73	-0,05
1,0506	1,0506	0,000173	6,073	-8,66222	0,04936143	0,04936143	6,890	-817	13,46	-1,03
1,0506	2,1012	0,000336	6,254	-7,99840	0,04936143	0,74250861	6,195	59	0,94	0,07
1,0506	3,1518	0,000519	6,073	-7,56361	0,04936143	1,14797372	5,821	252	4,15	0,32
1,3974	1,3974	0,000192	7,278	-8,55802	0,334613367	0,33461337	7,167	111	1,53	0,14
1,3974	2,805	0,000404	6,943	-7,81410	0,334613367	1,03140354	6,440	503	7,25	0,63
1,3974	4,2024	0,000625	6,724	-7,37776	0,334613367	1,43565579	6,052	672	9,99	0,84
Desv. Padrão			797,2777634					Média	5,9817	



AMOSTRA BASE ORIGEM E-800		COEFICIENTES DA REGRESSÃO								
		INTERSEÇÃO		-8,92689253						
		b1		-0,27988521						
		b2		1,145174036						
		k1		k2		k3				
		0,00013277		-0,27988521		1,145174036				
		R <sup>2</sup> = 0,986866283								
		M <sub>R</sub> = K <sub>1</sub> σ <sub>3</sub> <sup>k<sub>2</sub></sup> σ <sub>d</sub> <sup>k<sub>3</sub></sup>								
		K <sub>1</sub> = 1/k <sub>1</sub>			K <sub>2</sub> = -k <sub>2</sub>			K <sub>3</sub> = 1-k <sub>3</sub>		
		7,532			0,2799			-0,1452		
DADOS DO ENSAIO TRIAXIAL DINAMICO										
σ <sub>3</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>d</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	ε <sub>a</sub>	M <sub>R</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	LN ε <sub>a</sub>	LN σ <sub>3</sub>	LN σ <sub>d</sub>	M <sub>R</sub> Calculado (kgf/cm <sup>2</sup> )	ERRO (kgf/cm <sup>2</sup> )	ERRO (%)	Resíduo Padronizado
0,2142	0,2142	0,000034	6.300	-10,28915	-1,54084512	-1,54084512	6.120	180	2,86	0,20
0,2142	0,4182	0,000067	6.242	-9,61082	-1,54084512	-0,87179549	5.554	688	11,03	0,77
0,2142	0,6324	0,000115	5.499	-9,07058	-1,54084512	-0,45823317	5.230	269	4,90	0,30
0,3468	0,3468	0,000048	7.225	-9,94431	-1,05900703	-1,05900703	6.530	695	9,61	0,78
0,3468	0,7038	0,000125	5.630	-8,98720	-1,05900703	-0,35126105	5.893	-262	4,66	-0,29
0,3468	1,0506	0,000211	4.979	-8,46365	-1,05900703	0,04936143	5.560	-581	11,66	-0,65
0,5202	0,5202	0,000077	6.756	-9,47171	-0,65354193	-0,65354193	6.897	-141	2,09	-0,16
0,5202	1,0506	0,000202	5.201	-8,50724	-0,65354193	0,04936143	6.228	-1.027	19,75	-1,15
0,5202	1,581	0,000279	5.667	-8,18430	-0,65354193	0,458057558	5.869	-203	3,57	-0,23
0,7038	0,7038	0,000096	7.331	-9,25116	-0,35126105	-0,35126105	7.184	148	2,01	0,17
0,7038	1,3974	0,00024	5.823	-8,33487	-0,35126105	0,334613367	6.503	-680	11,69	-0,76
0,7038	2,1012	0,000336	6.254	-7,99840	-0,35126105	0,74250861	6.129	125	1,99	0,14
1,0506	1,0506	0,000154	6.822	-8,77856	0,04936143	0,04936143	7.582	-760	11,14	-0,85
1,0506	2,1012	0,000308	6.822	-8,08541	0,04936143	0,74250861	6.856	-34	0,50	-0,04
1,0506	3,1518	0,000452	6.973	-7,70183	0,04936143	1,147973718	6.464	509	7,30	0,57
1,3974	1,3974	0,000173	8.077	-8,66222	0,334613367	0,334613367	7.879	198	2,46	0,22
1,3974	2,805	0,000365	7.685	-7,91561	0,334613367	1,031403539	7.121	564	7,34	0,63
1,3974	4,2024	0,000567	7.412	-7,47515	0,334613367	1,435655791	6.715	696	9,40	0,78
Desv. Padrão			891,4929252					Média	6,8856	

**Resíduos Padronizados**

**FEPAVE**

1 PASSAGEM: 1  
 ----- ANALISE AXISSIMETRICA POR ELEMENTOS FINITOS  
 DE ESTRUTURA DE PAVIMENTOS -----

----- TESE (CBUQ=12, BASE=20, SUB-BASE=15)M.01 (SB  
 B E-800, SL E-100) -----

RAIO DA AREA CIRCULAR CARREGADA =  
 10.80000  
 PRESSAO MEDIA NA AREA CARREGADA =  
 5.60000

VALOR DE MERK IGUAL A 0=>INDICA CALCULO SEM CONSIDERACAO DAS  
 TENSOES GRAVITACIONAIS

-  
 CAMADA = 1 ESPESSURA = 12.00000 PESO ESPECIFICO = .00230  
 COEFICIENTE DE EMPUXO = 1.00 CODIGO DO MATERIAL = 3.0

K3	K4	TEMP. K5	MOD RESIL	C. POISS	K1	K2
.00	.00	.00	26265.00	.25	.00	
		.00	.00			

CAMADA = 2 ESPESSURA = 20.00000 PESO ESPECIFICO = .00209  
 COEFICIENTE DE EMPUXO = 1.00 CODIGO DO MATERIAL = 7.0

K3	K4	TEMP. K5	MOD RESIL	C. POISS	K1	K2
.28	-.14	.00	.00	.35	7532.00	
		.00	.00			

CAMADA = 3 ESPESSURA = 15.00000 PESO ESPECIFICO = .00197  
 COEFICIENTE DE EMPUXO = 1.00 CODIGO DO MATERIAL = 7.0

K3	K4	TEMP. K5	MOD RESIL	C. POISS	K1	K2
.29	-.15	.00	.00	.35	6843.00	
		.00	.00			

CAMADA = 4 ESPESSURA = 432.00000 PESO ESPECIFICO = .00187  
 COEFICIENTE DE EMPUXO = 1.00 CODIGO DO MATERIAL = 7.0

K3	K4	TEMP. K5	MOD RESIL	C. POISS	K1	K2
.45	-.17	.00	.00	.45	3728.00	
		.00	.00			

\*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\*



1  
-----

-----MALHA DE ELEMENTOS FINITOS-----

11 NUMERO DE COLUNAS =

19 NUMERO DE LINHAS =

0 NUMERO DE ELEMENTOS NA PLACA =

=240 NUMERO DE PONTOS NODAIS

=209 NUMERO DE ELEMENTOS

.00000	2.70000	5.40000	8.10000	10.80000	16.20000	66.55000
84.21000						
106.57000	134.87000	170.68000	216.00000			
.00000	.00000	.00000	4.00000	.00000	8.00000	.00000
12.00000						
.00000	18.67000	.00000	25.33000	.00000	32.00000	.00000
37.00000						
.00000	42.00000	.00000	47.00000	.00000	60.50000	.00000
74.00000						
.00000	87.50000	.00000	143.43000	.00000	199.36000	.00000
255.29000						
.00000	311.21000	.00000	367.14000	.00000	423.07000	.00000
479.00000						
1	.00000					
2	12.00000					
3	32.00000					
4	47.00000					

-ELEMENT NO.	I	J	K	L	MATERIAL
1	1	13	14	2	1
2	2	14	15	3	1
3	3	15	16	4	1
4	4	16	17	5	1
5	5	17	18	6	1
6	6	18	19	7	1
7	7	19	20	8	1
8	8	20	21	9	1
9	9	21	22	10	1
10	10	22	23	11	1
11	11	23	24	12	1
12	13	25	26	14	1
13	14	26	27	15	1
14	15	27	28	16	1

15	16	28	29	17	1
16	17	29	30	18	1
17	18	30	31	19	1
18	19	31	32	20	1
19	20	32	33	21	1
20	21	33	34	22	1
21	22	34	35	23	1
22	23	35	36	24	1
23	25	37	38	26	1
24	26	38	39	27	1
25	27	39	40	28	1
26	28	40	41	29	1
27	29	41	42	30	1
28	30	42	43	31	1
29	31	43	44	32	1
30	32	44	45	33	1
31	33	45	46	34	1
32	34	46	47	35	1
33	35	47	48	36	1
34	37	49	50	38	2
35	38	50	51	39	2
36	39	51	52	40	2
37	40	52	53	41	2
38	41	53	54	42	2
39	42	54	55	43	2
40	43	55	56	44	2
41	44	56	57	45	2
42	45	57	58	46	2
43	46	58	59	47	2
44	47	59	60	48	2
45	49	61	62	50	2
46	50	62	63	51	2
47	51	63	64	52	2
48	52	64	65	53	2
49	53	65	66	54	2
50	54	66	67	55	2
51	55	67	68	56	2
52	56	68	69	57	2
53	57	69	70	58	2
54	58	70	71	59	2
55	59	71	72	60	2
56	61	73	74	62	2
57	62	74	75	63	2
58	63	75	76	64	2
59	64	76	77	65	2
60	65	77	78	66	2
61	66	78	79	67	2
62	67	79	80	68	2
63	68	80	81	69	2
64	69	81	82	70	2
65	70	82	83	71	2
66	71	83	84	72	2
67	73	85	86	74	3
68	74	86	87	75	3
69	75	87	88	76	3
70	76	88	89	77	3
71	77	89	90	78	3
72	78	90	91	79	3

73	79	91	92	80	3
74	80	92	93	81	3
75	81	93	94	82	3
76	82	94	95	83	3
77	83	95	96	84	3
78	85	97	98	86	3
79	86	98	99	87	3
80	87	99	100	88	3
81	88	100	101	89	3
82	89	101	102	90	3
83	90	102	103	91	3
84	91	103	104	92	3
85	92	104	105	93	3
86	93	105	106	94	3
87	94	106	107	95	3
88	95	107	108	96	3
89	97	109	110	98	3
90	98	110	111	99	3
91	99	111	112	100	3
92	100	112	113	101	3
93	101	113	114	102	3
94	102	114	115	103	3
95	103	115	116	104	3
96	104	116	117	105	3
97	105	117	118	106	3
98	106	118	119	107	3
99	107	119	120	108	3
100	109	121	122	110	4
101	110	122	123	111	4
102	111	123	124	112	4
103	112	124	125	113	4
104	113	125	126	114	4
105	114	126	127	115	4
106	115	127	128	116	4
107	116	128	129	117	4
108	117	129	130	118	4
109	118	130	131	119	4
110	119	131	132	120	4
111	121	133	134	122	4
112	122	134	135	123	4
113	123	135	136	124	4
114	124	136	137	125	4
115	125	137	138	126	4
116	126	138	139	127	4
117	127	139	140	128	4
118	128	140	141	129	4
119	129	141	142	130	4
120	130	142	143	131	4
121	131	143	144	132	4
122	133	145	146	134	4
123	134	146	147	135	4
124	135	147	148	136	4
125	136	148	149	137	4
126	137	149	150	138	4
127	138	150	151	139	4
128	139	151	152	140	4
129	140	152	153	141	4
130	141	153	154	142	4

131	142	154	155	143	4
132	143	155	156	144	4
133	145	157	158	146	4
134	146	158	159	147	4
135	147	159	160	148	4
136	148	160	161	149	4
137	149	161	162	150	4
138	150	162	163	151	4
139	151	163	164	152	4
140	152	164	165	153	4
141	153	165	166	154	4
142	154	166	167	155	4
143	155	167	168	156	4
144	157	169	170	158	4
145	158	170	171	159	4
146	159	171	172	160	4
147	160	172	173	161	4
148	161	173	174	162	4
149	162	174	175	163	4
150	163	175	176	164	4
151	164	176	177	165	4
152	165	177	178	166	4
153	166	178	179	167	4
154	167	179	180	168	4
155	169	181	182	170	4
156	170	182	183	171	4
157	171	183	184	172	4
158	172	184	185	173	4
159	173	185	186	174	4
160	174	186	187	175	4
161	175	187	188	176	4
162	176	188	189	177	4
163	177	189	190	178	4
164	178	190	191	179	4
165	179	191	192	180	4
166	181	193	194	182	4
167	182	194	195	183	4
168	183	195	196	184	4
169	184	196	197	185	4
170	185	197	198	186	4
171	186	198	199	187	4
172	187	199	200	188	4
173	188	200	201	189	4
174	189	201	202	190	4
175	190	202	203	191	4
176	191	203	204	192	4
177	193	205	206	194	4
178	194	206	207	195	4
179	195	207	208	196	4
180	196	208	209	197	4
181	197	209	210	198	4
182	198	210	211	199	4
183	199	211	212	200	4
184	200	212	213	201	4
185	201	213	214	202	4
186	202	214	215	203	4
187	203	215	216	204	4
188	205	217	218	206	4

189	206	218	219	207	4
190	207	219	220	208	4
191	208	220	221	209	4
192	209	221	222	210	4
193	210	222	223	211	4
194	211	223	224	212	4
195	212	224	225	213	4
196	213	225	226	214	4
197	214	226	227	215	4
198	215	227	228	216	4
199	217	229	230	218	4
200	218	230	231	219	4
201	219	231	232	220	4
202	220	232	233	221	4
203	221	233	234	222	4
204	222	234	235	223	4
205	223	235	236	224	4
206	224	236	237	225	4
207	225	237	238	226	4
208	226	238	239	227	4
209	227	239	240	228	4

PRESSURE BOUNDARY CONDITIONS

BETWEEN NODAL POINTS PRESSURE

5	4	5.60000
4	3	5.60000
3	2	5.60000
2	1	5.60000

1  
N T S -----

----- D I S P L A C E M E N T

NODAL POINT VERTICAL DISPL	NP CODE	R-ORDINATE INCREMENT	Z-ORDINATE NUMBER	RADIAL DISPL
1	1.0	.014	.000	.0000000000
-.0207613500				
2	.0	2.700	.000	-.0004490159
-.0205943500				
3	.0	5.400	.000	-.0008663052
-.0201090400				
4	.0	8.100	.000	-.0011882780
-.0192895900				
5	.0	10.800	.000	-.0013472250
-.0179220000				
6	.0	16.200	.000	-.0012030900
-.0158537900				
7	.0	66.550	.000	-.0012461640
-.0071238480				
8	.0	84.210	.000	-.0009003840
-.0050100790				
9	.0	106.570	.000	-.0006321700
-.0032440240				
10	.0	134.870	.000	-.0003988123
-.0018397850				
11	.0	170.680	.000	-.0001860128
-.0008859856				

12	1.0	216.000	.000	.0000000000
-.0005233002				
13	1.0	.014	4.000	.0000000000
-.0203979700				
14	.0	2.700	4.000	-.0000986762
-.0202045100				
15	.0	5.400	4.000	-.0001611548
-.0197002600				
16	.0	8.100	4.000	-.0001989310
-.0188695200				
17	.0	10.800	4.000	-.0002667583
-.0178226800				
18	.0	16.200	4.000	-.0004665233
-.0159010700				
19	.0	66.550	4.000	-.0006452085
-.0071375790				
20	.0	84.210	4.000	-.0005172580
-.0050048460				
21	.0	106.570	4.000	-.0003840279
-.0032406260				
22	.0	134.870	4.000	-.0002524458
-.0018355160				
23	.0	170.680	4.000	-.0001218093
-.0008818827				
24	1.0	216.000	4.000	.0000000000
-.0005190535				
25	1.0	.014	8.000	.0000000000
-.0199405700				
26	.0	2.700	8.000	.0001191516
-.0197436400				
27	.0	5.400	8.000	.0002192137
-.0192637100				
28	.0	8.100	8.000	.0002817932
-.0185427100				
29	.0	10.800	8.000	.0002892603
-.0176696500				
30	.0	16.200	8.000	.0002173902
-.0159000600				
31	.0	66.550	8.000	-.0000666088
-.0071477420				
32	.0	84.210	8.000	-.0001319817
-.0050066380				
33	.0	106.570	8.000	-.0001378340
-.0032400520				
34	.0	134.870	8.000	-.0001064749
-.0018335990				
35	.0	170.680	8.000	-.0000574265
-.0008795661				
36	1.0	216.000	8.000	.0000000000
-.0005164549				
37	1.0	.014	12.000	.0000000000
-.0194713000				
38	.0	2.700	12.000	.0003792190
-.0192965000				
39	.0	5.400	12.000	.0006956602
-.0188752500				
40	.0	8.100	12.000	.0009214283
-.0182461900				

41	.0	10.800	12.000	.0010349200
-.0174871900				
42	.0	16.200	12.000	.0008902994
-.0158516700				
43	.0	66.550	12.000	.0005132011
-.0071539170				
44	.0	84.210	12.000	.0002444017
-.0050148530				
45	.0	106.570	12.000	.0001065218
-.0032422620				
46	.0	134.870	12.000	.0000386846
-.0018339500				
47	.0	170.680	12.000	.0000067449
-.0008790235				
48	1.0	216.000	12.000	.0000000000
-.0005155054				
49	1.0	.014	18.670	.0000000000
-.0173977900				
50	.0	2.700	18.670	.0002407704
-.0172696800				
51	.0	5.400	18.670	.0004629076
-.0170550200				
52	.0	8.100	18.670	.0006442256
-.0167313700				
53	.0	10.800	18.670	.0007747785
-.0163280600				
54	.0	16.200	18.670	.0009102870
-.0152809800				
55	.0	66.550	18.670	.0008642951
-.0071461260				
56	.0	84.210	18.670	.0006219955
-.0050407170				
57	.0	106.570	18.670	.0004073326
-.0032523680				
58	.0	134.870	18.670	.0002439301
-.0018388520				
59	.0	170.680	18.670	.0001103288
-.0008818000				
60	1.0	216.000	18.670	.0000000000
-.0005168058				
61	1.0	.014	25.330	.0000000000
-.0160811000				
62	.0	2.700	25.330	.0001993485
-.0160108300				
63	.0	5.400	25.330	.0003862635
-.0158798800				
64	.0	8.100	25.330	.0005571007
-.0156791400				
65	.0	10.800	25.330	.0007076194
-.0154100600				
66	.0	16.200	25.330	.0009140967
-.0147152400				
67	.0	66.550	25.330	.0011983950
-.0070928410				
68	.0	84.210	25.330	.0009755731
-.0050425430				
69	.0	106.570	25.330	.0007054096
-.0032607150				

70	.0	134.870	25.330	.0004470480
-.0018476030				
71	.0	170.680	25.330	.0002119352
-.0008908170				
72	1.0	216.000	25.330	.0000000000
-.0005256052				
73	1.0	.014	32.000	.0000000000
-.0151259000				
74	.0	2.700	32.000	.0001943617
-.0150836800				
75	.0	5.400	32.000	.0003841844
-.0149950000				
76	.0	8.100	32.000	.0005619156
-.0148529700				
77	.0	10.800	32.000	.0007238988
-.0146624300				
78	.0	16.200	32.000	.0009930572
-.0141648900				
79	.0	66.550	32.000	.0015512610
-.0069956340				
80	.0	84.210	32.000	.0013326020
-.0050228380				
81	.0	106.570	32.000	.0010035650
-.0032660370				
82	.0	134.870	32.000	.0006490716
-.0018606080				
83	.0	170.680	32.000	.0003114880
-.0009060171				
84	1.0	216.000	32.000	.0000000000
-.0005416740				
85	1.0	.014	37.000	.0000000000
-.0144912200				
86	.0	2.700	37.000	.0002004104
-.0144626500				
87	.0	5.400	37.000	.0003952714
-.0143968200				
88	.0	8.100	37.000	.0005807367
-.0142909100				
89	.0	10.800	37.000	.0007510113
-.0141432300				
90	.0	16.200	37.000	.0010478380
-.0137321100				
91	.0	66.550	37.000	.0017979290
-.0068925040				
92	.0	84.210	37.000	.0015879780
-.0049918450				
93	.0	106.570	37.000	.0012175600
-.0032667780				
94	.0	134.870	37.000	.0007951248
-.0018723790				
95	.0	170.680	37.000	.0003834739
-.0009209913				
96	1.0	216.000	37.000	.0000000000
-.0005579857				
97	1.0	.014	42.000	.0000000000
-.0138956300				
98	.0	2.700	42.000	.0002162955
-.0138761200				



99	.0	5.400	42.000	.0004355445
-.0138250700				
100	.0	8.100	42.000	.0006477318
-.0137443900				
101	.0	10.800	42.000	.0008505479
-.0136419700				
102	.0	16.200	42.000	.0011884710
-.0133065600				
103	.0	66.550	42.000	.0020938800
-.0067673640				
104	.0	84.210	42.000	.0018628130
-.0049528110				
105	.0	106.570	42.000	.0014352830
-.0032663850				
106	.0	134.870	42.000	.0009402389
-.0018865460				
107	.0	170.680	42.000	.0004535686
-.0009392277				
108	1.0	216.000	42.000	.0000000000
-.0005780099				
109	1.0	.014	47.000	.0000000000
-.0132985100				
110	.0	2.700	47.000	.0002490906
-.0132711600				
111	.0	5.400	47.000	.0004976115
-.0132273100				
112	.0	8.100	47.000	.0007417522
-.0131622600				
113	.0	10.800	47.000	.0009809524
-.0130750400				
114	.0	16.200	47.000	.0014467620
-.0128752700				
115	.0	66.550	47.000	.0024623270
-.0066217840				
116	.0	84.210	47.000	.0021594090
-.0049118310				
117	.0	106.570	47.000	.0016594880
-.0032659840				
118	.0	134.870	47.000	.0010842780
-.0019036000				
119	.0	170.680	47.000	.0005214286
-.0009606750				
120	1.0	216.000	47.000	.0000000000
-.0006015619				
121	1.0	.014	60.500	.0000000000
-.0111204100				
122	.0	2.700	60.500	.0001726925
-.0110837600				
123	.0	5.400	60.500	.0003428855
-.0110647100				
124	.0	8.100	60.500	.0005085415
-.0110436100				
125	.0	10.800	60.500	.0006663671
-.0110194300				
126	.0	16.200	60.500	.0009386125
-.0110490300				
127	.0	66.550	60.500	.0021138350
-.0060442290				

128	.0	84.210	60.500	.0019991160
-.0046891860				
129	.0	106.570	60.500	.0016406180
-.0032432570				
130	.0	134.870	60.500	.0011316730
-.0019695880				
131	.0	170.680	60.500	.0005727813
-.0010549970				
132	1.0	216.000	60.500	.0000000000
-.0007071261				
133	1.0	.014	74.000	.0000000000
-.0095386200				
134	.0	2.700	74.000	.0001208595
-.0095197130				
135	.0	5.400	74.000	.0002405569
-.0095173340				
136	.0	8.100	74.000	.0003593398
-.0095228400				
137	.0	10.800	74.000	.0004772941
-.0095413530				
138	.0	16.200	74.000	.0007249724
-.0095685300				
139	.0	66.550	74.000	.0017794600
-.0054700390				
140	.0	84.210	74.000	.0017603320
-.0043976920				
141	.0	106.570	74.000	.0015237250
-.0031725390				
142	.0	134.870	74.000	.0011096370
-.0020099510				
143	.0	170.680	74.000	.0005853547
-.0011460500				
144	1.0	216.000	74.000	.0000000000
-.0008180564				
145	1.0	.014	87.500	.0000000000
-.0083592480				
146	.0	2.700	87.500	.0000846650
-.0083519140				
147	.0	5.400	87.500	.0001686133
-.0083512020				
148	.0	8.100	87.500	.0002528562
-.0083523950				
149	.0	10.800	87.500	.0003381603
-.0083538490				
150	.0	16.200	87.500	.0005122212
-.0083644980				
151	.0	66.550	87.500	.0014898130
-.0049395810				
152	.0	84.210	87.500	.0014802870
-.0040950600				
153	.0	106.570	87.500	.0013513020
-.0030535560				
154	.0	134.870	87.500	.0010454780
-.0020226940				
155	.0	170.680	87.500	.0005730945
-.0012275100				
156	1.0	216.000	87.500	.0000000000
-.0009262764				

157	1.0	.014	143.430	.0000000000
-.0048277340				
158	.0	2.700	143.430	.0000526114
-.0048178150				
159	.0	5.400	143.430	.0001054651
-.0048056030				
160	.0	8.100	143.430	.0001584718
-.0047864530				
161	.0	10.800	143.430	.0002115433
-.0047594150				
162	.0	16.200	143.430	.0003184726
-.0046697850				
163	.0	66.550	143.430	.0008304876
-.0033971960				
164	.0	84.210	143.430	.0008631047
-.0029694660				
165	.0	106.570	143.430	.0008272578
-.0024605030				
166	.0	134.870	143.430	.0006780999
-.0019029320				
167	.0	170.680	143.430	.0003919936
-.0014249180				
168	1.0	216.000	143.430	.0000000000
-.0012251170				
169	1.0	.014	199.360	.0000000000
-.0028322320				
170	.0	2.700	199.360	.0000240676
-.0028270390				
171	.0	5.400	199.360	.0000481460
-.0028234030				
172	.0	8.100	199.360	.0000719545
-.0028189760				
173	.0	10.800	199.360	.0000953079
-.0028138950				
174	.0	16.200	199.360	.0001388882
-.0028047160				
175	.0	66.550	199.360	.0004001790
-.0023225970				
176	.0	84.210	199.360	.0004339537
-.0021439560				
177	.0	106.570	199.360	.0004306340
-.0019109420				
178	.0	134.870	199.360	.0003666560
-.0016437580				
179	.0	170.680	199.360	.0002196456
-.0013981300				
180	1.0	216.000	199.360	.0000000000
-.0012897670				
181	1.0	.014	255.290	.0000000000
-.0018118550				
182	.0	2.700	255.290	.0000097268
-.0018102090				
183	.0	5.400	255.290	.0000195387
-.0018096540				
184	.0	8.100	255.290	.0000293792
-.0018091500				
185	.0	10.800	255.290	.0000392457
-.0018085020				

186	.0	16.200	255.290	.0000591788
-.0018041820				
187	.0	66.550	255.290	.0001790384
-.0016157050				
188	.0	84.210	255.290	.0001982955
-.0015442720				
189	.0	106.570	255.290	.0002022824
-.0014477390				
190	.0	134.870	255.290	.0001763573
-.0013306760				
191	.0	170.680	255.290	.0001077281
-.0012189670				
192	1.0	216.000	255.290	.0000000000
-.0011680570				
193	1.0	.014	311.210	.0000000000
-.0011919770				
194	.0	2.700	311.210	.0000042150
-.0011912160				
195	.0	5.400	311.210	.0000084574
-.0011907250				
196	.0	8.100	311.210	.0000127080
-.0011901130				
197	.0	10.800	311.210	.0000169589
-.0011893480				
198	.0	16.200	311.210	.0000252625
-.0011874390				
199	.0	66.550	311.210	.0000768748
-.0011132850				
200	.0	84.210	311.210	.0000858509
-.0010854760				
201	.0	106.570	311.210	.0000883982
-.0010480110				
202	.0	134.870	311.210	.0000781625
-.0010016680				
203	.0	170.680	311.210	.0000482975
-.0009558361				
204	1.0	216.000	311.210	.0000000000
-.0009344885				
205	1.0	.014	367.140	.0000000000
-.0007360862				
206	.0	2.700	367.140	.0000017778
-.0007357734				
207	.0	5.400	367.140	.0000035659
-.0007356319				
208	.0	8.100	367.140	.0000053502
-.0007354894				
209	.0	10.800	367.140	.0000071248
-.0007353351				
210	.0	16.200	367.140	.0000106237
-.0007347614				
211	.0	66.550	367.140	.0000322360
-.0007072821				
212	.0	84.210	367.140	.0000360171
-.0006975213				
213	.0	106.570	367.140	.0000371545
-.0006845701				
214	.0	134.870	367.140	.0000329434
-.0006684164				

215	.0	170.680	367.140	.0000204747
-.0006520790				
216	1.0	216.000	367.140	.0000000000
-.0006442757				
217	1.0	.014	423.070	.0000000000
-.0003512602				
218	.0	2.700	423.070	.0000007054
-.0003511168				
219	.0	5.400	423.070	.0000014125
-.0003510878				
220	.0	8.100	423.070	.0000021199
-.0003510851				
221	.0	10.800	423.070	.0000028273
-.0003510991				
222	.0	16.200	423.070	.0000042271
-.0003511228				
223	.0	66.550	423.070	.0000129250
-.0003433443				
224	.0	84.210	423.070	.0000142677
-.0003411736				
225	.0	106.570	423.070	.0000146438
-.0003381593				
226	.0	134.870	423.070	.0000130209
-.0003343389				
227	.0	170.680	423.070	.0000081380
-.0003303522				
228	1.0	216.000	423.070	.0000000000
-.0003284057				
229	3.0	.014	479.000	.0000000000
.0000000000				
230	3.0	2.700	479.000	.0000000000
.0000000000				
231	3.0	5.400	479.000	.0000000000
.0000000000				
232	3.0	8.100	479.000	.0000000000
.0000000000				
233	3.0	10.800	479.000	.0000000000
.0000000000				
234	3.0	16.200	479.000	.0000000000
.0000000000				
235	3.0	66.550	479.000	.0000000000
.0000000000				
236	3.0	84.210	479.000	.0000000000
.0000000000				
237	3.0	106.570	479.000	.0000000000
.0000000000				
238	3.0	134.870	479.000	.0000000000
.0000000000				
239	3.0	170.680	479.000	.0000000000
.0000000000				
240	3.0	216.000	479.000	.0000000000
.0000000000				

1 ----- S T R E S S E  
 S -----

EL R Z RADIAL VERTICAL TANGENL RZ SHE AR MIN PRIN MAJ  
 PRIN ANGLE OCT NOR OCT SHE RESILMOD POI RA

1	1.36	2.00	5.3200	5.1565	5.4144	-.2447	4.9803
5.4963	-54.24		5.2970	.2265	26265.0	.250	
2	4.05	2.00	4.8698	5.1006	5.0446	-.5391	4.4339
5.5365	-38.96		5.0050	.4510	26265.0	.250	
3	6.75	2.00	4.1239	4.9010	4.5954	-.9852	3.4534
5.5715	-34.24		4.5401	.8656	26265.0	.250	
4	9.45	2.00	2.8006	3.2823	3.5079	-1.9792	1.0476
5.0353	-41.53		3.1969	1.6428	26265.0	.250	
5	13.50	2.00	.8440	.8724	1.9624	-1.4950	-.6368
2.3533	-44.73		1.2263	1.3270	26265.0	.250	
6	41.38	2.00	.2147	.0082	.6192	-.0686	-.0126
.6192	-73.20		.2807	.2599	26265.0	.250	
7	75.38	2.00	-.3187	-.0592	.1937	.0292	-.3219
.1937	6.34		-.0614	.2105	26265.0	.250	
8	95.39	2.00	-.2047	.0066	.1176	-.0003	-.2047
.1176	-.09		-.0268	.1337	26265.0	.250	
9	120.72	2.00	-.1569	-.0013	.0510	-.0034	-.1570
.0510	-1.24		-.0357	.0884	26265.0	.250	
10	152.77	2.00	-.1237	-.0009	.0100	-.0033	-.1238
.0100	-1.53		-.0382	.0607	26265.0	.250	
11	193.34	2.00	-.0919	.0014	-.0122	.0002	-.0919
.0014	.14		-.0342	.0412	26265.0	.250	
12	1.36	6.00	1.0364	3.5283	1.0178	-.4773	.9481
3.6166	-10.48		1.8609	1.2418	26265.0	.250	
13	4.05	6.00	.9009	3.4042	.9305	-1.1292	.4668
3.8382	-21.03		1.7452	1.4921	26265.0	.250	
14	6.75	6.00	.7866	2.8881	.7409	-1.8882	-.3235
3.9982	-30.45		1.4718	1.8385	26265.0	.250	
15	9.45	6.00	.9362	1.9617	.6088	-2.3738	-.9796
3.8774	-38.91		1.1689	2.0220	26265.0	.250	
16	13.50	6.00	1.0264	.9025	.5606	-1.9624	-.9989
2.9278	-45.90		.8298	1.6143	26265.0	.250	
17	41.38	6.00	.1936	.0730	.2187	-.1694	-.0465
.3132	-54.79		.1618	.1523	26265.0	.250	
18	75.38	6.00	-.0241	-.0183	.1081	-.0055	-.0274
.1081	-30.94		.0219	.0611	26265.0	.250	
19	95.39	6.00	-.0592	-.0025	.0651	-.0002	-.0592
.0651	-.21		.0012	.0508	26265.0	.250	
20	120.72	6.00	-.0683	-.0013	.0305	-.0069	-.0690
.0305	-5.79		-.0130	.0416	26265.0	.250	
21	152.77	6.00	-.0643	-.0004	.0069	-.0036	-.0645
.0069	-3.21		-.0193	.0321	26265.0	.250	
22	193.34	6.00	-.0534	.0010	-.0070	.0004	-.0534
.0010	.43		-.0198	.0240	26265.0	.250	
23	1.36	10.00	-2.7066	1.6494	-2.7307	-.3853	-2.7404
1.6832	-5.02		-1.2626	2.0830	26265.0	.250	
24	4.05	10.00	-2.2580	1.5574	-2.4861	-.7861	-2.4861
1.7130	-11.20		-1.0622	1.9626	26265.0	.250	
25	6.75	10.00	-1.6154	1.3057	-2.1574	-1.1609	-2.1574
1.7109	-19.24		-.8224	1.7921	26265.0	.250	
26	9.45	10.00	-.7863	.9425	-1.7341	-1.3560	-1.7341
1.6862	-28.74		-.5260	1.5664	26265.0	.250	
27	13.50	10.00	.4586	.6438	-.9152	-1.4495	-.9152
2.0036	-43.17		.0624	1.3727	26265.0	.250	
28	41.38	10.00	.1640	.1369	-.1707	-.1754	-.1707
.3264	-47.21		.0434	.2087	26265.0	.250	
29	75.38	10.00	.2599	.0234	.0224	-.0174	.0221
.2612	-85.81		.1019	.1127	26265.0	.250	

30	95.39	10.00	.0855	-.0095	.0136	-.0163	-.0122
.0882	-80.54		.0299	.0425	26265.0	.250	
31	120.72	10.00	.0191	-.0012	.0099	-.0109	-.0059
.0239	-66.40		.0093	.0122	26265.0	.250	
32	152.77	10.00	-.0052	.0003	.0039	-.0051	-.0083
.0039	-30.84		-.0004	.0056	26265.0	.250	
33	193.34	10.00	-.0150	.0007	-.0019	.0001	-.0150
.0007	.18		-.0054	.0069	26265.0	.250	
34	1.36	15.34	-.0523	.7164	-.0559	-.0607	-.0570
.7211	-4.49		.2027	.3666	2235.5	.350	
35	4.05	15.34	-.0209	.6868	-.0447	-.1328	-.0450
.7109	-10.28		.2070	.3562	2245.3	.350	
36	6.75	15.34	.0132	.6090	-.0384	-.1966	-.0458
.6680	-16.71		.1946	.3348	2264.3	.350	
37	9.45	15.34	.0534	.5060	-.0320	-.2355	-.0469
.6063	-23.07		.1758	.3045	2293.9	.350	
38	13.50	15.34	.1307	.3710	-.0035	-.2485	-.0252
.5269	-32.10		.1660	.2553	2351.2	.350	
39	41.38	15.34	.0701	.1460	.0229	-.1350	-.0322
.2482	-37.15		.0797	.1213	2600.8	.350	
40	75.38	15.34	.0409	.0102	-.0016	-.0636	-.0399
.0910	-51.79		.0165	.0549	2619.8	.350	
41	95.39	15.34	.0190	-.0015	-.0032	-.0279	-.0210
.0385	-55.09		.0047	.0249	2619.8	.350	
42	120.72	15.34	.0109	.0008	-.0002	-.0116	-.0067
.0185	-56.81		.0039	.0107	2619.8	.350	
43	152.77	15.34	.0069	.0013	.0012	-.0034	-.0003
.0086	-64.58		.0032	.0039	2619.8	.350	
44	193.34	15.34	.0044	.0013	.0016	-.0003	.0013
.0044	-85.16		.0024	.0014	2619.8	.350	
45	1.36	22.00	-.0927	.4231	-.0957	-.0375	-.0957
.4258	-4.14		.0782	.2458	2370.6	.350	
46	4.05	22.00	-.0850	.4005	-.0945	-.0684	-.0945
.4099	-7.87		.0737	.2378	2382.4	.350	
47	6.75	22.00	-.0680	.3699	-.0902	-.1031	-.0910
.3929	-12.61		.0706	.2280	2397.2	.350	
48	9.45	22.00	-.0454	.3328	-.0828	-.1288	-.0851
.3725	-17.12		.0682	.2152	2417.0	.350	
49	13.50	22.00	-.0255	.2469	-.0871	-.1581	-.0980
.3194	-24.63		.0448	.1943	2449.6	.350	
50	41.38	22.00	.0401	.1348	-.0025	-.1271	-.0482
.2231	-34.78		.0575	.1186	2613.2	.350	
51	75.38	22.00	.0365	.0185	-.0127	-.0641	-.0372
.0922	-49.01		.0141	.0561	2619.8	.350	
52	95.39	22.00	.0278	.0053	-.0069	-.0300	-.0154
.0486	-55.29		.0088	.0284	2619.8	.350	
53	120.72	22.00	.0200	.0031	-.0017	-.0119	-.0031
.0262	-62.68		.0071	.0135	2619.8	.350	
54	152.77	22.00	.0149	.0023	.0017	-.0037	.0013
.0159	-74.66		.0063	.0068	2619.8	.350	
55	193.34	22.00	.0110	.0015	.0033	-.0004	.0015
.0110	-87.50		.0053	.0041	2619.8	.350	
56	1.36	28.66	-.1541	.2546	-.1560	-.0203	-.1560
.2556	-2.84		-.0185	.1938	2455.3	.350	
57	4.05	28.66	-.1475	.2452	-.1527	-.0394	-.1527
.2491	-5.67		-.0183	.1891	2464.2	.350	
58	6.75	28.66	-.1386	.2303	-.1500	-.0605	-.1500
.2400	-9.08		-.0194	.1835	2474.9	.350	

59	9.45	28.66	-.1285	.2085	-.1478	-.0801	-.1478
.2266	-12.71	-.0226	.1762		2490.0	.350	
60	13.50	28.66	-.1074	.1644	-.1445	-.0993	-.1445
.1968	-18.08	-.0292	.1598		2524.5	.350	
61	41.38	28.66	.0093	.1198	-.0305	-.1111	-.0595
.1886	-31.79	.0329	.1108		2619.8	.350	
62	75.38	28.66	.0342	.0270	-.0228	-.0589	-.0284
.0896	-46.76	.0128	.0543		2619.8	.350	
63	95.39	28.66	.0350	.0111	-.0114	-.0291	-.0114
.0545	-56.16	.0115	.0304		2619.8	.350	
64	120.72	28.66	.0293	.0056	-.0029	-.0119	-.0029
.0343	-67.38	.0107	.0168		2619.8	.350	
65	152.77	28.66	.0229	.0032	.0022	-.0040	.0022
.0236	-79.01	.0094	.0100		2619.8	.350	
66	193.34	28.66	.0175	.0017	.0049	-.0006	.0017
.0175	-87.94	.0080	.0068		2619.8	.350	
67	1.36	34.50	-.1663	.1701	-.1663	-.0106	-.1666
.1704	-1.81	-.0542	.1588		2220.4	.350	
68	4.05	34.50	-.1644	.1623	-.1672	-.0228	-.1672
.1639	-3.97	-.0564	.1558		2225.8	.350	
69	6.75	34.50	-.1590	.1513	-.1663	-.0363	-.1663
.1555	-6.59	-.0580	.1510		2235.1	.350	
70	9.45	34.50	-.1498	.1379	-.1635	-.0492	-.1635
.1461	-9.44	-.0585	.1446		2248.8	.350	

1 ----- S T R E S S E  
S -----

EL	R	Z	RADIAL	VERTICAL	TANGENL	RZ	SHE	AR	MIN	PRIN	MAJ
PRIN	ANGLE	OCT	NOR	OCT	SHE	RESILMOD	POI	RA			
71	13.50	34.50	-.1349	.1161	-.1578	-.0646	-.1578				
.1317	-13.61	-.0589	.1348		2272.7	.350					
72	41.38	34.50	-.0070	.1066	-.0411	-.0929	-.0591				
.1587	-29.29	.0195	.0987		2302.4	.350					
73	75.38	34.50	.0300	.0322	-.0263	-.0507	-.0263				
.0818	-44.38	.0119	.0495		2302.4	.350					
74	95.39	34.50	.0370	.0155	-.0127	-.0264	-.0127				
.0547	-56.10	.0133	.0296		2302.4	.350					
75	120.72	34.50	.0332	.0076	-.0032	-.0115	-.0032				
.0376	-69.03	.0125	.0179		2302.4	.350					
76	152.77	34.50	.0264	.0040	.0026	-.0041	.0026				
.0271	-79.95	.0110	.0114		2302.4	.350					
77	193.34	34.50	.0203	.0019	.0057	-.0007	.0019				
.0204	-87.81	.0093	.0080		2302.4	.350					
78	1.36	39.50	-.2042	.1269	-.2044	-.0062	-.2044				
.1270	-1.08	-.0939	.1562		2225.4	.350					
79	4.05	39.50	-.2051	.1206	-.2062	-.0136	-.2062				
.1212	-2.38	-.0969	.1542		2229.6	.350					
80	6.75	39.50	-.2005	.1136	-.2055	-.0202	-.2055				
.1148	-3.66	-.0975	.1501		2237.2	.350					
81	9.45	39.50	-.1955	.0994	-.2059	-.0252	-.2059				
.1015	-4.84	-.1007	.1430		2251.5	.350					
82	13.50	39.50	-.1750	.0826	-.1970	-.0384	-.1970				
.0882	-8.29	-.0965	.1308		2278.2	.350					
83	41.38	39.50	-.0255	.0964	-.0613	-.0761	-.0621				
.1329	-25.64	.0032	.0917		2302.4	.350					
84	75.38	39.50	.0301	.0368	-.0329	-.0410	-.0329				
.0746	-42.66	.0114	.0459		2302.4	.350					



85	95.39	39.50	.0419	.0182	-.0158	-.0230	-.0158
.0560	-58.61		.0148	.0303	2302.4	.350	
86	120.72	39.50	.0391	.0091	-.0040	-.0109	-.0040
.0426	-72.05		.0147	.0201	2302.4	.350	
87	152.77	39.50	.0315	.0046	.0030	-.0043	.0030
.0322	-81.23		.0131	.0135	2302.4	.350	
88	193.34	39.50	.0244	.0021	.0068	-.0008	.0021
.0244	-87.85		.0111	.0096	2302.4	.350	
89	1.36	44.50	-.2497	.0994	-.2488	-.0046	-.2497
.0995	-.76	-.1330	.1644		2205.6	.350	
90	4.05	44.50	-.2503	.0989	-.2501	-.0068	-.2504
.0990	-1.12	-.1338	.1646		2206.4	.350	
91	6.75	44.50	-.2465	.0953	-.2494	-.0096	-.2494
.0956	-1.61	-.1335	.1620		2210.9	.350	
92	9.45	44.50	-.2414	.0911	-.2472	-.0107	-.2472
.0914	-1.84	-.1325	.1584		2217.4	.350	
93	13.50	44.50	-.2424	.0530	-.2589	-.0091	-.2589
.0533	-1.76	-.1494	.1435		2246.1	.350	
94	41.38	44.50	-.0427	.0882	-.0848	-.0549	-.0848
.1082	-19.99	-.0131	.0862		2302.4	.350	
95	75.38	44.50	.0361	.0421	-.0384	-.0284	-.0384
.0677	-41.97	.0133	.0434		2302.4	.350	
96	95.39	44.50	.0478	.0194	-.0194	-.0191	-.0194
.0574	-63.25	.0159	.0317		2302.4	.350	
97	120.72	44.50	.0455	.0104	-.0048	-.0099	-.0048
.0481	-75.27	.0170	.0226		2302.4	.350	
98	152.77	44.50	.0367	.0052	.0034	-.0044	.0034
.0374	-82.15	.0151	.0157		2302.4	.350	
99	193.34	44.50	.0283	.0023	.0078	-.0010	.0022
.0283	-87.82	.0128	.0112		2302.4	.350	
100	1.36	53.75	-.0233	.0789	-.0230	-.0031	-.0234
.0790	-1.76	.0109	.0482		617.0	.450	
101	4.05	53.75	-.0226	.0789	-.0229	-.0043	-.0229
.0791	-2.42	.0111	.0481		617.0	.450	
102	6.75	53.75	-.0227	.0770	-.0235	-.0065	-.0235
.0774	-3.68	.0103	.0475		617.0	.450	
103	9.45	53.75	-.0233	.0738	-.0248	-.0087	-.0248
.0745	-5.08	.0086	.0467		617.0	.450	
104	13.50	53.75	-.0302	.0601	-.0335	-.0098	-.0335
.0611	-6.15	-.0012	.0441		617.0	.450	
105	41.38	53.75	.0231	.0702	.0109	-.0305	.0081
.0852	-26.17	.0348	.0357		617.0	.450	
106	75.38	53.75	.0273	.0348	.0095	-.0225	.0083
.0538	-40.21	.0239	.0212		617.0	.450	
107	95.39	53.75	.0242	.0199	.0076	-.0161	.0058
.0383	-48.80	.0173	.0149		617.0	.450	
108	120.72	53.75	.0198	.0110	.0068	-.0097	.0047
.0260	-57.26	.0125	.0096		617.0	.450	
109	152.77	53.75	.0150	.0058	.0061	-.0047	.0038
.0170	-67.06	.0090	.0058		617.0	.450	
110	193.34	53.75	.0114	.0032	.0057	-.0013	.0030
.0116	-81.58	.0068	.0036		617.0	.450	
111	1.36	67.25	-.0097	.0631	-.0098	-.0026	-.0098
.0632	-2.05	.0145	.0344		617.0	.450	
112	4.05	67.25	-.0089	.0630	-.0092	-.0021	-.0092
.0630	-1.64	.0150	.0340		617.0	.450	
113	6.75	67.25	-.0089	.0619	-.0094	-.0026	-.0094
.0620	-2.10	.0145	.0336		617.0	.450	

114	9.45	67.25	-.0091	.0599	-.0101	-.0029	-.0101
.0600	-2.39		.0136	.0328	617.0	.450	
115	13.50	67.25	-.0022	.0649	-.0038	-.0021	-.0038
.0650	-1.75		.0197	.0321	617.0	.450	
116	41.38	67.25	.0174	.0592	.0098	-.0236	.0068
.0698	-24.21		.0288	.0290	617.0	.450	
117	75.38	67.25	.0203	.0323	.0075	-.0191	.0062
.0463	-36.28		.0200	.0186	617.0	.450	
118	95.39	67.25	.0212	.0212	.0076	-.0155	.0057
.0367	-44.96		.0167	.0142	617.0	.450	
119	120.72	67.25	.0186	.0122	.0069	-.0103	.0047
.0262	-53.74		.0126	.0097	617.0	.450	
120	152.77	67.25	.0154	.0069	.0066	-.0054	.0043
.0180	-64.22		.0096	.0060	617.0	.450	
121	193.34	67.25	.0128	.0041	.0067	-.0015	.0039
.0130	-80.48		.0079	.0038	617.0	.450	
122	1.36	80.75	.0035	.0568	.0035	-.0013	.0035
.0568	-1.42		.0213	.0251	617.0	.450	
123	4.05	80.75	.0046	.0574	.0045	-.0010	.0045
.0575	-1.06		.0222	.0249	617.0	.450	
124	6.75	80.75	.0053	.0582	.0053	-.0011	.0053
.0582	-1.24		.0229	.0249	617.0	.450	
125	9.45	80.75	.0070	.0602	.0070	-.0011	.0069
.0602	-1.24		.0247	.0251	617.0	.450	
126	13.50	80.75	.0056	.0599	.0061	-.0020	.0055
.0600	-2.14		.0238	.0255	617.0	.450	
127	41.38	80.75	.0142	.0502	.0091	-.0199	.0054
.0590	-23.93		.0245	.0244	617.0	.450	
128	75.38	80.75	.0185	.0313	.0087	-.0160	.0076
.0422	-34.13		.0195	.0160	617.0	.450	
129	95.39	80.75	.0176	.0207	.0071	-.0143	.0047
.0336	-41.85		.0151	.0131	617.0	.450	
130	120.72	80.75	.0169	.0132	.0070	-.0101	.0048
.0253	-50.24		.0124	.0092	617.0	.450	
131	152.77	80.75	.0154	.0080	.0071	-.0055	.0050
.0183	-61.90		.0102	.0058	617.0	.450	
132	193.34	80.75	.0136	.0052	.0075	-.0016	.0049
.0139	-79.76		.0088	.0038	617.0	.450	
133	1.36	115.46	.0125	.0502	.0125	-.0007	.0125
.0502	-1.13		.0251	.0178	617.0	.450	
134	4.05	115.46	.0134	.0511	.0133	-.0007	.0133
.0511	-1.05		.0259	.0178	618.2	.450	
135	6.75	115.46	.0138	.0518	.0138	-.0010	.0137
.0518	-1.52		.0264	.0179	626.0	.450	
136	9.45	115.46	.0141	.0524	.0142	-.0014	.0140
.0525	-2.14		.0269	.0181	631.5	.450	
137	13.50	115.46	.0155	.0549	.0157	-.0022	.0153
.0550	-3.18		.0287	.0186	656.1	.450	
138	41.38	115.46	.0038	.0301	-.0012	-.0115	-.0012
.0344	-20.69		.0109	.0166	617.0	.450	
139	75.38	115.46	.0140	.0245	.0076	-.0101	.0076
.0306	-31.34		.0154	.0108	617.0	.450	
140	95.39	115.46	.0147	.0196	.0079	-.0095	.0073
.0270	-37.71		.0141	.0092	617.0	.450	

1 ----- S T R E S S E  
S -----

EL	R	Z	RADIAL	VERTICAL	TANGENL	RZ	SHE	AR	MIN	PRIN	MAJ
PRIN	ANGLE	OCT	NOR	OCT	SHE	RESILMOD	POI	RA			
141	120.72	115.46	.0150	.0143	.0080	-.0077	.0069				
.0223	-46.32	.0124	.0070		617.0	.450					
142	152.77	115.46	.0147	.0099	.0083	-.0048	.0069				
.0177	-58.23	.0110	.0048		617.0	.450					
143	193.34	115.46	.0141	.0076	.0090	-.0015	.0073				
.0144	-77.32	.0102	.0030		617.0	.450					
144	1.36	171.39	.0076	.0288	.0076	-.0007	.0076				
.0288	-1.76	.0147	.0100		617.0	.450					
145	4.05	171.39	.0074	.0286	.0074	-.0008	.0074				
.0286	-2.13	.0145	.0100		617.0	.450					
146	6.75	171.39	.0070	.0281	.0070	-.0012	.0070				
.0282	-3.25	.0141	.0100		617.0	.450					
147	9.45	171.39	.0066	.0275	.0066	-.0017	.0066				
.0276	-4.49	.0136	.0100		617.0	.450					
148	13.50	171.39	.0053	.0257	.0051	-.0025	.0051				
.0260	-6.90	.0120	.0099		617.0	.450					
149	41.38	171.39	.0078	.0223	.0056	-.0049	.0056				
.0237	-16.98	.0119	.0084		617.0	.450					
150	75.38	171.39	.0117	.0198	.0089	-.0053	.0089				
.0224	-26.40	.0135	.0063		617.0	.450					
151	95.39	171.39	.0124	.0173	.0091	-.0051	.0091				
.0205	-32.27	.0129	.0053		617.0	.450					
152	120.72	171.39	.0132	.0146	.0094	-.0044	.0094				
.0184	-40.29	.0124	.0042		617.0	.450					
153	152.77	171.39	.0136	.0121	.0098	-.0031	.0098				
.0160	-51.80	.0118	.0030		617.0	.450					
154	193.34	171.39	.0136	.0106	.0104	-.0011	.0104				
.0139	-72.56	.0115	.0017		617.0	.450					
155	1.36	227.32	.0081	.0186	.0081	-.0003	.0081				
.0186	-1.64	.0116	.0049		617.0	.450					
156	4.05	227.32	.0081	.0185	.0081	-.0002	.0081				
.0185	-1.36	.0115	.0049		617.0	.450					
157	6.75	227.32	.0081	.0184	.0080	-.0003	.0080				
.0184	-1.82	.0115	.0049		617.0	.450					
158	9.45	227.32	.0081	.0184	.0081	-.0004	.0081				
.0184	-2.30	.0116	.0049		617.0	.450					
159	13.50	227.32	.0088	.0189	.0087	-.0005	.0087				
.0189	-2.95	.0121	.0048		617.0	.450					
160	41.38	227.32	.0095	.0176	.0087	-.0020	.0087				
.0181	-13.07	.0119	.0043		617.0	.450					
161	75.38	227.32	.0110	.0166	.0099	-.0024	.0099				
.0175	-20.13	.0125	.0035		617.0	.450					
162	95.39	227.32	.0116	.0157	.0102	-.0025	.0102				
.0168	-25.22	.0125	.0031		617.0	.450					
163	120.72	227.32	.0121	.0144	.0104	-.0022	.0104				
.0158	-31.53	.0123	.0025		617.0	.450					
164	152.77	227.32	.0126	.0132	.0107	-.0016	.0107				
.0145	-39.88	.0121	.0017		617.0	.450					
165	193.34	227.32	.0128	.0124	.0110	-.0006	.0110				
.0132	-54.24	.0121	.0009		617.0	.450					
166	1.36	283.25	.0102	.0160	.0102	-.0001	.0102				
.0160	-1.04	.0121	.0027		617.0	.450					
167	4.05	283.25	.0101	.0160	.0101	-.0001	.0101				
.0160	-.72	.0121	.0027		617.0	.450					
168	6.75	283.25	.0101	.0159	.0101	-.0001	.0101				
.0159	-.95	.0121	.0027		617.0	.450					

169	9.45	283.25	.0101	.0159	.0101	-.0001	.0101
.0159	-1.28		.0120	.0027	617.0	.450	
170	13.50	283.25	.0100	.0159	.0100	-.0002	.0100
.0159	-2.26		.0120	.0027	617.0	.450	
171	41.38	283.25	.0105	.0155	.0102	-.0008	.0102
.0156	-9.04		.0121	.0025	617.0	.450	
172	75.38	283.25	.0111	.0151	.0107	-.0010	.0107
.0153	-13.36		.0123	.0022	617.0	.450	
173	95.39	283.25	.0114	.0147	.0108	-.0011	.0108
.0150	-16.35		.0123	.0019	617.0	.450	
174	120.72	283.25	.0117	.0142	.0109	-.0010	.0109
.0146	-19.57		.0123	.0016	617.0	.450	
175	152.77	283.25	.0120	.0137	.0111	-.0008	.0111
.0140	-21.32		.0122	.0012	617.0	.450	
176	193.34	283.25	.0121	.0133	.0113	-.0003	.0113
.0134	-13.02		.0122	.0008	617.0	.450	
177	1.36	339.17	.0109	.0148	.0109	.0000	.0109
.0148	-.69		.0122	.0019	617.0	.450	
178	4.05	339.17	.0108	.0148	.0108	.0000	.0108
.0148	-.56		.0122	.0019	617.0	.450	
179	6.75	339.17	.0108	.0148	.0108	-.0001	.0108
.0148	-.77		.0121	.0019	617.0	.450	
180	9.45	339.17	.0108	.0147	.0108	-.0001	.0108
.0147	-1.00		.0121	.0019	617.0	.450	
181	13.50	339.17	.0108	.0147	.0108	-.0001	.0108
.0148	-1.40		.0121	.0018	617.0	.450	
182	41.38	339.17	.0110	.0146	.0109	-.0003	.0109
.0146	-5.19		.0122	.0017	617.0	.450	
183	75.38	339.17	.0113	.0144	.0111	-.0004	.0111
.0145	-7.18		.0123	.0016	617.0	.450	
184	95.39	339.17	.0114	.0143	.0111	-.0004	.0111
.0144	-8.32		.0123	.0015	617.0	.450	
185	120.72	339.17	.0115	.0141	.0112	-.0004	.0112
.0142	-9.11		.0123	.0013	617.0	.450	
186	152.77	339.17	.0117	.0139	.0113	-.0003	.0113
.0139	-8.30		.0123	.0012	617.0	.450	
187	193.34	339.17	.0118	.0137	.0114	-.0001	.0114
.0137	-3.57		.0123	.0010	617.0	.450	
188	1.36	395.11	.0112	.0143	.0112	.0000	.0112
.0143	-.37		.0122	.0015	617.0	.450	
189	4.05	395.11	.0112	.0143	.0112	.0000	.0112
.0143	-.24		.0122	.0015	617.0	.450	
190	6.75	395.11	.0112	.0143	.0112	.0000	.0112
.0143	-.29		.0122	.0015	617.0	.450	
191	9.45	395.11	.0112	.0143	.0112	.0000	.0112
.0143	-.36		.0122	.0015	617.0	.450	
192	13.50	395.11	.0112	.0143	.0112	.0000	.0112
.0143	-.57		.0122	.0015	617.0	.450	
193	41.38	395.11	.0113	.0142	.0112	-.0001	.0112
.0143	-2.37		.0122	.0014	617.0	.450	
194	75.38	395.11	.0114	.0142	.0113	-.0001	.0113
.0142	-3.06		.0123	.0013	617.0	.450	
195	95.39	395.11	.0114	.0141	.0113	-.0002	.0113
.0141	-3.40		.0123	.0013	617.0	.450	
196	120.72	395.11	.0115	.0140	.0114	-.0002	.0114
.0140	-3.49		.0123	.0012	617.0	.450	
197	152.77	395.11	.0115	.0139	.0114	-.0001	.0114
.0139	-2.91		.0123	.0012	617.0	.450	

198	193.34	395.11	.0116	.0139	.0114	.0000	.0114
.0139	-1.16	.0123	.0011		617.0	.450	
199	1.36	451.04	.0115	.0142	.0115	.0000	.0115
.0142	-.15	.0124	.0013		617.0	.450	
200	4.05	451.04	.0115	.0142	.0115	.0000	.0115
.0142	-.11	.0124	.0013		617.0	.450	
201	6.75	451.04	.0115	.0142	.0115	.0000	.0115
.0142	-.14	.0124	.0013		617.0	.450	
202	9.45	451.04	.0115	.0142	.0115	.0000	.0115
.0142	-.19	.0124	.0013		617.0	.450	
203	13.50	451.04	.0115	.0142	.0115	.0000	.0115
.0142	-.27	.0124	.0013		617.0	.450	
204	41.38	451.04	.0114	.0141	.0114	.0000	.0114
.0141	-1.05	.0123	.0013		617.0	.450	
205	75.38	451.04	.0115	.0141	.0114	-.0001	.0114
.0141	-1.42	.0123	.0012		617.0	.450	
206	95.39	451.04	.0115	.0140	.0114	-.0001	.0114
.0140	-1.53	.0123	.0012		617.0	.450	
207	120.72	451.04	.0115	.0140	.0114	-.0001	.0114
.0140	-1.51	.0123	.0012		617.0	.450	
208	152.77	451.04	.0115	.0140	.0114	-.0001	.0114
.0140	-1.19	.0123	.0012		617.0	.450	
209	193.34	451.04	.0115	.0139	.0114	.0000	.0114
.0139	-.47	.0123	.0012		617.0	.450	

## RESUMO DOS RESULTADOS DE TENSOES E DEFORMACOES

DEFLEXAO: -32. centesimos de mm

DEFORMACAO ESPECIFICA DE TRACAO: .0001411590

DIFERENCA DE TENSOES NO REVESTIMENTO: 4.35593kgf/cm2

TENSAO VERTICAL NO SUBLEITO: .05679kgf/cm2

TENSAO DE TRACAO NO REVESTIMENTO: -2.70655kgf/cm2

# **COMPOSIÇÕES DE PREÇO**

## COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIO

Pag.: 1

Serviço: USINAGEM - MSTURA 1

Unid: T

Data: 16/08/2007

Código:

Equipamento (A)	Quant	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário
		Operat.	Improd.	Operat.	Improd.	
CARREGADEIRA DE PNEUS CATERPILLAR : 950G - 3,1 M3	1,00	0,26	0,74	163,51	13,66	52,64
TANQUE DE ESTOCAGEM DE ASFALTO CIFALI : - 20.000 L	3,00	1,00	0,00	3,64	0,00	10,92
AQUECEDOR DE FLUIDO TÉRMICO : TENGE : TH III -	1,00	1,00	0,00	19,06	0,00	19,06
USINA DE ASFALTO A QUENTE : CIFALI : DMC-2 - 90/120 T/H	1,00	1,00	0,00	199,06	14,46	199,06
GRUPO GERADOR : HEIMER : GEHM-40 - 36/40 KVA	1,00	1,00	0,00	27,26	10,56	27,26
GRUPO GERADOR : HEIMER : GEHM-180 - 164 / 180 KVA	1,00	1,00	0,00	81,25	10,56	81,25
<b>CUSTO HORÁRIO DE EQUIPAMENTO =</b>						<b>390,19</b>
Mão de Obra (B)	Encargos	Quant	Salário-Hora	Custo Horário		
ENCARREGADO DE TURMA		1,00	14,46	14,46		
SERVENTE		8,00	7,42	59,36		
<b>CUSTO HORÁRIO DE MÃO DE OBRA =</b>						<b>73,82</b>
<b>ADC. M.O - FERRAMENTAS ( 15.51%)=</b>						<b>11,45</b>
<b>CUSTO HORÁRIO TOTAL DE MÃO DE OBRA =</b>						<b>85,27</b>
<b>CUSTO HORÁRIO DE EXECUÇÃO =</b>						<b>475,46</b>
(C) Produção da Equipe	45.000 T	/H	(D) CUSTO UNITÁRIO DE EXECUÇÃO =			10,57
Material (E)	Unid.	Custo	Consumo	Custo Unitário		
ÓLEO COMBUSTÍVEL 1A	L	1,22	8,0000	9,76		
CIMENTO ASFÁLTICO CAP-50/70	T	1.422,90	0,0560	79,68		
CIMENTO PORTLAND CP-32	KG	0,33	28,3000	9,34		
AREIA COMERCIAL	M3	23,00	0,2575	5,92		
SEIXO COMERCIAL	M3	48,00	0,3273	15,71		
<b>CUSTO TOTAL DO MATERIAL =</b>						<b>120,41</b>
Atividades Auxiliares (F)	Unid.	Custo	Consumo	Custo Unitário		
<b>CUSTO TOTAL DAS ATIVIDADES =</b>						
Transporte de Materiais(G)	DMT (T)	DMT (P)	DMT (Tot)	Custo	Consumo	Custo Unitário
<b>CUSTO TOTAL DO TRANSPORTE =</b>						
CUSTO UNITARIO DIRETO TOTAL: (D)+(E)+(F)						130,98
LUCRO E DESPESAS INDIRETAS ( 0,00 %)						0,00
PREÇO UNITARIO TOTAL:						130,98

		COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIO				Pag.: 2	
Serviço: CBUQ - MISTURA 1		Unid: T		Data: 16/08/2007		Código:	
Equipamento (A)	Quant	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário	
		Operat.	Improd.	Operat.	Improd.		
TRATOR AGRÍCOLA MASSEY FERGUSON : MF 292/4 -	1,00	0,24	0,76	62,19	10,51	22,94	
ROLO COMPACTADOR : DYNAPAC : CC-222 - LISO, TANDEN VIBRAT.	1,00	0,56	0,44	106,79	10,51	64,44	
ROLO COMPACTADOR : TEMA TERRA SP 8000 - DE PNEUS AUTOPROP.	1,00	0,58	0,42	102,33	10,51	63,78	
VASSOURA MECÂNICA : CMV : - REBOCÁVEL	1,00	0,24	0,76	3,50	0,00	0,84	
VIBRO-ACABADORA DE ASFALTO : CIFALI : VDA-600SM - SOBRE EST	1,00	0,81	0,19	120,94	14,44	100,71	
CRMINHÃO BASCULANTE : MERCEDES BENZ : 2423 K - 10 M3 - 15 T	1,53	1,00	0,00	100,38	12,50	153,58	
<b>CUSTO HORÁRIO DE EQUIPAMENTO =</b>						<b>406,29</b>	
Mão de Obra (B)	Encargos	Quant	Salário-Hora		Custo Horário		
ENCARREGADO DE TURMA		1,00	14,46		14,46		
SERVEnte		8,00	7,42		59,36		
<b>CUSTO HORÁRIO DE MÃO DE OBRA =</b>						<b>73,82</b>	
<b>ADC. M.O - FERRAMENTAS (15,51%)=</b>						<b>11,45</b>	
<b>CUSTO HORÁRIO TOTAL DE MÃO DE OBRA =</b>						<b>85,27</b>	
<b>CUSTO HORÁRIO DE EXECUÇÃO =</b>						<b>491,56</b>	
<b>(C) Produção da Equipe</b>		45.000 T	/H	<b>(D) CUSTO UNITÁRIO DE EXECUÇÃO =</b>		<b>10,92</b>	
Material (E)	Unid.	Custo	Consumo	Custo Unitário			
<b>CUSTO TOTAL DO MATERIAL =</b>							
Atividades Auxiliares (F)	Unid.	Custo	Consumo	Custo Unitário			
USINAGEM - MISTURA 1	T	130,98	1,0000	130,98			
<b>CUSTO TOTAL DAS ATIVIDADES =</b>						<b>130,98</b>	
Transporte de Materiais(G)	DMT (T)	DMT (P)	DMT (Tot)	Custo	Consumo	Custo Unitário	
MASSA - NP			27,78	0,50	1,0000	13,89	
<b>CUSTO TOTAL DO TRANSPORTE =</b>						<b>13,89</b>	
CUSTO UNITARIO DIRETO TOTAL: (D)+(E)+(F)						155,79	
LUCRO E DESPESAS INDIRETAS ( 0,00 %)						0,00	
PREÇO UNITARIO TOTAL:						155,79	



		COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIO				Pag.: 3	
Serviço: USINAGEM - MISTURA 2		Unid: T		Data: 16/08/2007		Código:	
Equipamento (A)	Quant	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário	
		Operat.	Improd.	Operat.	Improd.		
CARREGADEIRA DE PNEUS CATERPILLAR : 950G - 3,1 M3	1,00	0,26	0,74	163,51	13,61	52,64	
TANQUE DE ESTOCAGEM DE ASFALTO CIFALI : - 20.000 L	3,00	1,00	0,00	3,64	0,00	10,92	
AQUECEDOR DE FLUIDO TÉRMICO : TENGE : TH III -	1,00	1,00	0,00	19,06	0,00	19,06	
USINA DE ASFALTO A QUENTE : CIFALI : DMC-2 - 90/120 T/H	1,00	1,00	0,00	199,06	14,41	199,06	
GRUPO GERADOR : HEIMER : GEHM-40 - 36/40 KVA	1,00	1,00	0,00	27,26	10,51	27,26	
GRUPO GERADOR : HEIMER : GEHM-180 - 164 / 180 KVA	1,00	1,00	0,00	81,25	10,51	81,25	
<b>CUSTO HORÁRIO DE EQUIPAMENTO =</b>						<b>390,19</b>	
Mão de Obra (B)	Encargos	Quant	Salário-Hora		Custo Horário		
ENCARREGADO DE TURMA		1,00	14,46		14,46		
SERVEANTE		6,00	7,42		59,36		
<b>CUSTO HORÁRIO DE MÃO DE OBRA =</b>						<b>73,82</b>	
<b>ADC. M.O - FERRAMENTAS (15,51%)=</b>						<b>11,45</b>	
<b>CUSTO HORÁRIO TOTAL DE MÃO DE OBRA =</b>						<b>85,27</b>	
<b>CUSTO HORÁRIO DE EXECUÇÃO =</b>						<b>475,46</b>	
<b>(C) Produção da Equipe</b>		45,000 T /H		<b>(D) CUSTO UNITÁRIO DE EXECUÇÃO =</b>		<b>10,57</b>	
Material (E)	Unid.	Custo	Consumo	Custo Unitário			
ÓLEO COMBUSTÍVEL 1A	L	1,22	8,0000	9,76			
CIMENTO ASFÁLTICO CAP-50/70	T	1.422,90	0,0520	73,99			
CIMENTO PORTLAND CP-32	KG	0,33	23,7000	7,82			
AREIA COMERCIAL	M3	23,00	0,2499	5,75			
SEIXO COMERCIAL	M3	48,00	0,3413	16,38			
<b>CUSTO TOTAL DO MATERIAL =</b>						<b>113,70</b>	
Atividades Auxiliares (F)	Unid.	Custo	Consumo	Custo Unitário			
<b>CUSTO TOTAL DAS ATIVIDADES =</b>							
Transporte de Materiais(G)	DMT (T)	DMT (P)	DMT (Tot)	Custo	Consumo	Custo Unitário	
<b>CUSTO TOTAL DO TRANSPORTE =</b>							
CUSTO UNITARIO DIRETO TOTAL: (D)+(E)+(F)						124,27	
LUCRO E DESPESAS INDIRETAS ( 0,00 %)						0,00	
PREÇO UNITARIO TOTAL:						124,27	

## COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIO

Pag.: 4

Serviço: CBUQ - MISTURA 2

Unid: T

Data: 16/08/2007

Código:

Equipamento (A)	Quant	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário
		Operat.	Improd.	Operat.	Improd.	
TRATOR AGRÍCOLA MASSEY PERGUSON : MF 292/4 -	1,00	0,24	0,76	62,19	10,55	22,94
ROLO COMPACTADOR : DYNAPAC : CC-222 - LISO, TANDEN VIBRAT.	1,00	0,56	0,44	106,79	10,55	64,44
ROLO COMPACTADOR : TEMA TERRA SP 8000 - DE PNEUS AUTOPROP.	1,00	0,58	0,42	102,33	10,55	63,78
VASSOURA MECÂNICA : CMV : - REBOCÁVEL	1,00	0,24	0,76	3,50	0,00	0,84
VIBRO-ACABADORA DE ASFALTO : CIFALI : VDA-600EM - SOBRE EST	1,00	0,81	0,19	120,94	14,46	100,71
CAMINHÃO BASCULANTE : MERCEDES BENZ : 2423 K - 10 M3 - 15 T	1,53	1,00	0,00	100,38	12,50	153,58

CUSTO HORÁRIO DE EQUIPAMENTO = 406,29

Mão de Obra (B)	Encargos	Quant	Salário-Hora	Custo Horário
ENCARREGADO DE TURMA		1,00	14,46	14,46
SERVEANTE		8,00	7,42	59,36

CUSTO HORÁRIO DE MÃO DE OBRA = 73,82

ADC. M.O - FERRAMENTAS ( 15,51%)= 11,45

CUSTO HORÁRIO TOTAL DE MÃO DE OBRA = 85,27

CUSTO HORÁRIO DE EXECUÇÃO = 491,56

(C) Produção da Equipe 45.000 T /H

(D) CUSTO UNITÁRIO DE EXECUÇÃO = 10,92

Material (E)	Unid.	Custo	Consumo	Custo Unitário
CUSTO TOTAL DO MATERIAL =				

CUSTO TOTAL DO MATERIAL =

73,82

Atividades Auxiliares (F)	Unid.	Custo	Consumo	Custo Unitário
USINAGEM - MISTURA 2	T	124,27	1,0000	124,27

CUSTO TOTAL DAS ATIVIDADES =

124,27

Transporte de Materiais(G)	DMT (T)	DMT (P)	DMT (Tot)	Custo	Consumo	Custo Unitário
MASSA - NP			27,78	0,50	1,0000	13,89

CUSTO TOTAL DO TRANSPORTE =

13,89

CUSTO UNITARIO DIRETO TOTAL: (D)+(E)+(F)

149,08

LUCRO E DESPESAS INDIRETAS ( 0,00 %)

0,00

PREÇO UNITARIO TOTAL:

149,08

Serviço: USINAGEM - MISTURA 3

Unid: T

Data: 16/08/2007

Código:

Equipamento (A)	Quant	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário
		Operat.	Improd.	Operat.	Improd.	
CARREGADEIRA DE PNEUS CATERPILLAR : 950G - 3,1 M3	1,00	0,26	0,74	163,51	13,66	52,64
TANQUE DE ESTOCAGEM DE ASFALTO CIFALI : - 20.000 L	3,00	1,00	0,00	3,64	0,00	10,92
AQUECEDOR DE FLUIDO TERMICO : TENGE : TH III -	1,00	1,00	0,00	19,06	0,00	19,06
USINA DE ASFALTO A QUENTE : CIFALI : DMC-2 - 90/120 T/H	1,00	1,00	0,00	199,06	14,46	199,06
GRUPO GERADOR : HEIMER : GERM-40 - 36/40 KVA	1,00	1,00	0,00	27,26	10,58	27,26
GRUPO GERADOR : HEIMER : GERM-180 - 164 / 180 KVA	1,00	1,00	0,00	81,25	10,58	81,25

CUSTO HORÁRIO DE EQUIPAMENTO = 390,19

Mão de Obra (B)	Encargos	Quant	Salário-Hora	Custo Horário
ENCARREGADO DE TURMA		1,00	14,46	14,46
SERVENTE		8,00	7,42	59,36

CUSTO HORÁRIO DE MÃO DE OBRA = 73,82

ADC. M.O - FERRAMENTAS ( 15,51%)= 11,45

CUSTO HORÁRIO TOTAL DE MÃO DE OBRA = 85,27

CUSTO HORÁRIO DE EXECUÇÃO = 475,46

(C) Produção da Equipe 45.000 T /H

(D) CUSTO UNITÁRIO DE EXECUÇÃO = 10,57

Material (E)	Unid.	Custo	Consumo	Custo Unitário
ÓLEO COMBUSTÍVEL 1R	L	1,22	8,0000	9,76
CIMENTO ASFÁLTICO CAP-50/70	T	1.422,90	0,0548	76,84
CIMENTO PORTLAND CP-32	KG	0,33	33,1000	10,92
AREIA COMERCIAL	M3	23,00	0,2494	5,74
SEIXO COMERCIAL	M3	48,00	0,3343	16,05

CUSTO TOTAL DO MATERIAL = 119,31

Atividades Auxiliares (F)	Unid.	Custo	Consumo	Custo Unitário

CUSTO TOTAL DAS ATIVIDADES =

Transporte de Materiais(G)	DMT (T)	DMT (P)	DMT (Tot)	Custo	Consumo	Custo Unitário

CUSTO TOTAL DO TRANSPORTE =

CUSTO UNITARIO DIRETO TOTAL: (D)+(E)+(F)

129,88

LUCRO E DESPESAS INDIRETAS ( 0,00 %)

0,00

PREÇO UNITARIO TOTAL:

129,88



## COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIO

Pag.: 6

Serviço: CBUQ - MISTURA 3

Unid: T

Data: 16/08/2007

Código:

Equipamento (A)	Quant	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário
		Operat.	Improd.	Operat.	Improd.	
TRATOR AGRÍCOLA MASSEY FERGUSON : MP 292/4 -	1,00	0,24	0,76	62,19	10,50	22,94
ROLO COMPACTADOR : DYNAPAC : CC-222 - LISO, TANDEN VIBRAT.	1,00	0,56	0,44	106,79	10,50	64,44
ROLO COMPACTADOR : TEMA TERRA SF 8000 - DE PNEUS AUTOPROP.	1,00	0,58	0,42	102,33	10,50	63,78
VASSOURA MECÂNICA : CMV : - REBOCÁVEL	1,00	0,24	0,76	3,50	0,00	0,84
VIBRO-ACABADORA DE ASFALTO : CIFALI : VDA-600BM - SOBRE EST	1,00	0,81	0,19	120,94	14,40	100,71
CAMINHÃO BASCULANTE : MERCEDES BENZ : 2423 K - 10 M3 - 15 T	1,53	1,00	0,00	100,38	12,50	153,58
<b>CUSTO HORÁRIO DE EQUIPAMENTO =</b>						<b>406,29</b>
Mão de Obra (B)	Encargos	Quant	Salário-Hora	Custo Horário		
ENCARREGADO DE TURMA		1,00	14,46	14,46		
SERVENTE		8,00	7,42	59,36		
<b>CUSTO HORÁRIO DE MÃO DE OBRA =</b>						<b>73,82</b>
<b>ADC. M.O - FERRAMENTAS ( 15,51%)=</b>						<b>11,45</b>
<b>CUSTO HORÁRIO TOTAL DE MÃO DE OBRA =</b>						<b>85,27</b>
<b>CUSTO HORÁRIO DE EXECUÇÃO =</b>						<b>491,56</b>
(C) Produção da Equipe	45,000 T	/H	<b>(D) CUSTO UNITÁRIO DE EXECUÇÃO =</b>			<b>10,92</b>
Material (E)	Unid.	Custo	Consumo	Custo Unitário		
<b>CUSTO TOTAL DO MATERIAL =</b>						<b>129,88</b>
Atividades Auxiliares (F)	Unid.	Custo	Consumo	Custo Unitário		
USINAGEM - MISTURA 3	T	129,88	1,0000	129,88		
<b>CUSTO TOTAL DAS ATIVIDADES =</b>						<b>129,88</b>
Transporte de Materiais(G)	DMT (T)	DMT (P)	DMT (Tot)	Custo	Consumo	Custo Unitário
MASSA - NP.			27,78	0,50	1,0000	13,89
<b>CUSTO TOTAL DO TRANSPORTE =</b>						<b>13,89</b>
<b>CUSTO UNITARIO DIRETO TOTAL: (D)+(E)+(F)</b>						<b>154,69</b>
<b>LUCRO E DESPESAS INDIRECTAS ( 0,00 %)</b>						<b>0,00</b>
<b>PREÇO UNITARIO TOTAL:</b>						<b>154,69</b>

## COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIO

Pag.: 7

Serviço: USINAGEM - MISTURA 4

Unid: T

Data: 16/06/2007

Código:

Equipamento (A)	Quant	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário
		Operat.	Improd.	Operat.	Improd.	
CARREGADEIRA DE PNEUS CATERPILLAR : 950G - 3,1 M3	1,00	0,26	1,00	163,51	13,61	56,19
TANQUE DE ESTOCAGEM DE ASFALTO CIFALI : - 20.000 L	3,00	1,00	0,00	3,64	0,00	10,92
AQUECEDOR DE FLUIDO TÉRMICO : TENGE : TR III -	1,00	1,00	0,00	19,06	0,00	19,06
USINA DE ASFALTO A QUENTE : CIFALI : DMC-2 - 90/120 T/H	1,00	1,00	0,00	199,06	14,41	199,06
GRUPO GERADOR : HEIMER : GERM-40 - 36/40 KVA	1,00	1,00	0,00	27,26	10,51	27,26
GRUPO GERADOR : HEIMER : GERM-180 - 164 / 180 KVA	1,00	1,00	0,00	81,25	10,51	81,25

CUSTO HORÁRIO DE EQUIPAMENTO = 393,74

Mão de Obra (B)	Encargos	Quant	Salário-Hora	Custo Horário
ENCARREGADO DE TURMA		1,00	14,46	14,46
SERVEENTE		8,00	7,42	59,36

CUSTO HORÁRIO DE MÃO DE OBRA = 73,82

ADC. M.O - FERRAMENTAS ( 15.51%)= 11,45

CUSTO HORÁRIO TOTAL DE MÃO DE OBRA = 85,27

CUSTO HORÁRIO DE EXECUÇÃO = 479,01

(C) Produção da Equipe 45,000 T /H

(D) CUSTO UNITÁRIO DE EXECUÇÃO = 10,64

Material (E)	Unid.	Custo	Consumo	Custo Unitário
ÓLEO COMBUSTÍVEL 1A	L	1,22	8,0000	9,76
CIMENTO ASFÁLTICO CAP-50/70	T	1.422,90	0,0680	96,76
CIMENTO PORTLAND CP-32	KG	0,33	60,4500	19,95
AREIA COMERCIAL	M3	23,00	0,0930	2,14
SEIXO COMERCIAL	M3	48,00	0,4774	22,92
VIATOP 66	KG	5,06	2,0000	10,12

CUSTO TOTAL DO MATERIAL = 161,65

Atividades Auxiliares (F)	Unid.	Custo	Consumo	Custo Unitário
---------------------------	-------	-------	---------	----------------

CUSTO TOTAL DAS ATIVIDADES =

Transporte de Materiais(G)	DMT (T)	DMT (P)	DMT (Tot)	Custo	Consumo	Custo Unitário
----------------------------	---------	---------	-----------	-------	---------	----------------

CUSTO TOTAL DO TRANSPORTE =

CUSTO UNITARIO DIRETO TOTAL: (D)+(E)+(F)

172,29

LUCRO E DESPESAS INDIRETAS ( 0,00 %)

0,00

PREÇO UNITARIO TOTAL:

172,29

		COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIO				Pag.: 8	
Serviço: CBUQ - MISTURA 4		Unid: T		Data: 16/08/2007		Código:	
Equipamento (A)	Quant	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário	
		Operat.	Improd.	Operat.	Improd.		
TRATOR AGRÍCOLA MASSEY FERGUSON : MF 292/4 -	1,00	0,24	1,00	62,19	10,51	25,48	
ROLO COMPACTADOR : DYNAPAC : CC-222 - LISO, TANDEN VIBRAT.	1,00	0,56	0,44	106,79	10,51	64,44	
ROLO COMPACTADOR : TEMA TERRA SP 8000 - DE PNEUS AUTOPROP.	1,00	0,58	0,42	102,33	10,51	63,78	
VASSOURA MECÂNICA : CMV : - REBOCÁVEL	1,00	0,24	0,76	3,50	0,00	0,84	
VIERO-ACABADORA DE ASFALTO : CIFALI : VDA-600BM - SOBRE EST	1,00	0,81	0,19	120,94	14,44	100,71	
CAMINHÃO BASCULANTE : MERCEDES BENZ : 2423 K - 10 M3 - 15 T	1,53	1,00	0,00	100,38	12,51	153,58	
<b>CUSTO HORÁRIO DE EQUIPAMENTO =</b>						<b>408,83</b>	
Mão de Obra (B)	Encargos	Quant	Salário-Hora		Custo Horário		
ENCARREGADO DE TURMA		1,00	14,46		14,46		
SERVEENTE		8,00	7,42		59,36		
<b>CUSTO HORÁRIO DE MÃO DE OBRA =</b>						<b>73,82</b>	
<b>ADC. M.O - FERRAMENTAS ( 15,51%)=</b>						<b>11,45</b>	
<b>CUSTO HORÁRIO TOTAL DE MÃO DE OBRA =</b>						<b>85,27</b>	
<b>CUSTO HORÁRIO DE EXECUÇÃO =</b>						<b>494,10</b>	
<b>(C) Produção da Equipe</b>		45.000 T /H		<b>(D) CUSTO UNITÁRIO DE EXECUÇÃO =</b>		<b>10,98</b>	
Material (E)	Unid.	Custo	Consumo	Custo Unitário			
<b>CUSTO TOTAL DO MATERIAL =</b>							
Atividades Auxiliares (F)	Unid.	Custo	Consumo	Custo Unitário			
USINAGEM - MISTURA 4	T	172,29	1,0000	172,29			
<b>CUSTO TOTAL DAS ATIVIDADES =</b>						<b>172,29</b>	
Transporte de Materiais(G)	DMT (T)	DMT (P)	DMT (Tot)	Custo	Consumo	Custo Unitário	
MASSA - NP	27,78			0,50	1,0000	13,89	
<b>CUSTO TOTAL DO TRANSPORTE =</b>						<b>13,89</b>	
CUSTO UNITARIO DIRETO TOTAL: (D)+(E)+(F)						197,16	
LUCRO E DESPESAS INDIRECTAS ( 0,00 %)						0,00	
PREÇO UNITARIO TOTAL:						197,16	



		COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIO				Pag.: 9	
Serviço: USINAGEM - MISTURA 5		Unid: T		Data: 16/08/2007		Código:	
Equipamento (A)	Quant	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário	
		Operat.	Improd.	Operat.	Improd.		
CARREGADEIRA DE PNEUS CATERPILLAR : 950G - 3,1 M3	1,00	0,26	0,74	163,51	13,61	52,64	
TANQUE DE ESTOCAGEM DE ASFALTO CIFALI : - 20.000 L	3,00	1,00	0,00	3,64	0,00	10,92	
AQUECEDOR DE FLUIDO TÉRMICO : TENGE : TM III -	1,00	1,00	0,00	19,06	0,00	19,06	
USINA DE ASFALTO A QUENTE : CIFALI : DMC-2 - 90/120 T/R	1,00	1,00	0,00	199,06	14,41	199,06	
GRUPO GERADOR : HEIMER : GERM-40 - 36/40 KVA	1,00	1,00	0,00	27,26	10,51	27,26	
GRUPO GERADOR : HEIMER : GERM-160 - 164 / 180 KVA	1,00	1,00	0,00	81,25	10,51	81,25	
<b>CUSTO HORÁRIO DE EQUIPAMENTO =</b>						<b>390,19</b>	
Mão de Obra (B)	Encargos	Quant	Salário-Hora		Custo Horário		
ENCARREGADO DE TURMA		1,00	14,46		14,46		
SERVENTE		8,00	7,42		59,36		
<b>CUSTO HORÁRIO DE MÃO DE OBRA =</b>						<b>73,82</b>	
<b>ADC. M.O - FERRAMENTAS (15.51%)=</b>						<b>11,45</b>	
<b>CUSTO HORÁRIO TOTAL DE MÃO DE OBRA =</b>						<b>85,27</b>	
<b>CUSTO HORÁRIO DE EXECUÇÃO =</b>						<b>475,46</b>	
(C) Produção da Equipe	45.000 T /H	(D) CUSTO UNITÁRIO DE EXECUÇÃO =				10,57	
Material (E)	Unid.	Custo	Consumo		Custo Unitário		
ÓLEO COMBUSTÍVEL 1A	L	1,22	6,0000		9,76		
CIMENTO ASPÁLTICO CAP-50/70	T	1.422,90	0,0825		117,39		
CIMENTO PORTLAND CP-32	KG	0,33	59,2400		19,55		
AREIA COMERCIAL	M3	23,00	0,0660		1,52		
SEIXO COMERCIAL	M3	48,00	0,4952		23,77		
VIATOP 66	KG	5,06	6,0000		30,36		
<b>CUSTO TOTAL DO MATERIAL =</b>						<b>202,35</b>	
Atividades Auxiliares (F)	Unid.	Custo	Consumo		Custo Unitário		
<b>CUSTO TOTAL DAS ATIVIDADES =</b>							
Transporte de Materiais(G)	DMT (T)	DMT (P)	DMT (Tot)	Custo	Consumo		Custo Unitário
<b>CUSTO TOTAL DO TRANSPORTE =</b>							
CUSTO UNITÁRIO DIRETO TOTAL: (D)+(E)+(F)						212,92	
LUCRO E DESPESAS INDIRETAS ( 0,00 %)						0,00	
PREÇO UNITÁRIO TOTAL:						212,92	

COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIO				Pag.: 10		
Serviço: CBUQ - MISTURA 5		Unid: T	Data: 16/08/2007	Código:		
<b>Equipamento (A)</b>	<b>Quant</b>	<b>Utilização</b>		<b>Custo Operacional</b>		<b>Custo</b>
		<b>Operat.</b>	<b>Improd.</b>	<b>Operat.</b>	<b>Improd.</b>	<b>Horário</b>
TRATOR AGRÍCOLA MASSEY FERGUSON : MF 292/4 -	1,00	0,24	0,76	62,19	10,51	22,94
ROLO COMPACTADOR : DYNAPAC : CC-222 - LISO, TANDEN VIBRAT.	1,00	0,56	0,44	106,79	10,51	64,44
ROLO COMPACTADOR : TEMA TERRA SP 6000 - DE PNEUS AUTOPROP.	1,00	0,58	0,42	102,33	10,51	63,78
VASSOURA MECÂNICA : CMV : - REBOCÁVEL	1,00	0,24	0,76	3,50	0,01	0,84
VIBRO-ACABADORA DE ASFALTO : CIFALI : VDA-600EM - SOBRE EST	1,00	0,81	0,19	120,94	14,41	100,71
CAMINHÃO BASCULANTE : MERCEDES-BENZ : 2423 K - 10 M3 - 15 T	1,53	1,00	0,00	100,38	12,51	153,58
<b>CUSTO HORÁRIO DE EQUIPAMENTO =</b>						<b>406,29</b>
<b>Mão de Obra (B)</b>	<b>Encargos</b>	<b>Quant</b>	<b>Salário-Hora</b>		<b>Custo Horário</b>	
ENCARREGADO DE TURMA		1,00	14,46		14,46	
SERVENTE		8,00	7,42		59,36	
<b>CUSTO HORÁRIO DE MÃO DE OBRA =</b>						<b>73,82</b>
<b>ADC. M.O - FERRAMENTAS (15,51%)=</b>						<b>11,45</b>
<b>CUSTO HORÁRIO TOTAL DE MÃO DE OBRA =</b>						<b>85,27</b>
<b>CUSTO HORÁRIO DE EXECUÇÃO =</b>						<b>491,56</b>
<b>(C) Produção da Equipe</b>	45,000 T /H	<b>(D) CUSTO UNITÁRIO DE EXECUÇÃO =</b>				<b>10,92</b>
<b>Material (E)</b>	<b>Unid.</b>	<b>Custo</b>	<b>Consumo</b>	<b>Custo Unitário</b>		
<b>CUSTO TOTAL DO MATERIAL =</b>						
<b>Atividades Auxiliares (F)</b>	<b>Unid.</b>	<b>Custo</b>	<b>Consumo</b>	<b>Custo Unitário</b>		
USINAGEM - MISTURA 5	T	212,92	1,0000	212,92		
<b>CUSTO TOTAL DAS ATIVIDADES =</b>						<b>212,92</b>
<b>Transporte de Materiais(G)</b>	<b>DMT (T)</b>	<b>DMT (P)</b>	<b>DMT (Tot)</b>	<b>Custo</b>	<b>Consumo</b>	<b>Custo Unitário</b>
MASSA - NP			27,78	0,50	1,0000	13,89
<b>CUSTO TOTAL DO TRANSPORTE =</b>						<b>13,89</b>
<b>CUSTO UNITARIO DIRETO TOTAL: (D)+(E)+(F)</b>						<b>237,73</b>
<b>LUCRO E CÔSPESAS INDIRETAS ( 0,00 %)</b>						<b>0,00</b>
<b>PREÇO UNITARIO TOTAL:</b>						<b>237,73</b>



## COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIO

Pag.: 11

Serviço: USINAGEM - MISTURA 4A

Unid.: T

Data: 16/08/2007

Código:

Equipamento (A)	Quant	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário
		Operat.	Improd.	Operat.	Improd.	
CARREGADEIRA DE PNEUS CATERPILLAR : 950G - 3,1 M3	1,00	0,26	0,74	163,51	13,61	52,64
TANQUE DE ESTOCAGEM DE ASFALTO CIFALI : - 20.000 L	3,00	1,00	0,00	3,64	0,00	10,92
AQUECEDOR DE FLUIDO TÉRMICO : TENGE : TH III -	1,00	1,00	0,00	19,06	0,00	19,06
USINA DE ASFALTO A QUENTE : CIFALI : DMC-2 - 90/120 T/H	1,00	1,00	0,00	199,06	14,46	199,06
GRUPO GERADOR : HEIMER : GERM-40 - 36/40 KVA	1,00	1,00	0,00	27,26	10,51	27,26
GRUPO GERADOR : HEIMER : GERM-180 - 164 / 180 KVA	1,00	1,00	0,00	81,25	10,92	81,25

CUSTO HORÁRIO DE EQUIPAMENTO = 390,19

Mão de Obra (B)	Encargos	Quant	Salário-Hora	Custo Horário
ENCARREGADO DE TURMA		1,00	14,46	14,46
SERVEnte		8,00	7,42	59,36

CUSTO HORÁRIO DE MÃO DE OBRA = 73,82

ADC. M.O - FERRAMENTAS (15,51%)= 11,45

CUSTO HORÁRIO TOTAL DE MÃO DE OBRA = 85,27

CUSTO HORÁRIO DE EXECUÇÃO = 475,46

(C) Produção da Equipe 45.000 T /H (D) CUSTO UNITÁRIO DE EXECUÇÃO = 10,57

Material (E)	Unid.	Custo	Consumo	Custo Unitário
ÓLEO COMBUSTÍVEL 1A	L	1,22	8,0000	9,76
CIMENTO PORTLAND CP-32	KG	0,33	60,5100	19,97
AREIA COMERCIAL	M3	23,00	0,0931	2,14
SEIXO COMERCIAL	M3	48,00	0,4779	22,94
CIMENTO ASFALTICO CAP 30/45	T	1.668,96	0,0690	115,16

CUSTO TOTAL DO MATERIAL = 169,97

Atividades Auxiliares (F)	Unid.	Custo	Consumo	Custo Unitário
---------------------------	-------	-------	---------	----------------

CUSTO TOTAL DAS ATIVIDADES =

Transporte de Materiais(G)	DMT (T)	DMT (P)	DMT (Tot)	Custo	Consumo	Custo Unitário
----------------------------	---------	---------	-----------	-------	---------	----------------

CUSTO TOTAL DO TRANSPORTE =

CUSTO UNITARIO DIRETO TOTAL: (D)+(E)+(F)	180,54
LUCRO E DESPESAS INDIRETAS ( 0,00 %)	0,00
PREÇO UNITARIO TOTAL:	180,54

## COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIO

Pag.: 12

Serviço: CBUQ - MISTURA 4A

Unid.: T

Data: 16/08/2007

Código:

Equipamento (A)	Quant	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário	
		Operat.	Improd.	Operat.	Improd.		
TRATOR AGRÍCOLA MASSEY FERGUSON : MF 292/4 -	1,00	0,24	0,76	62,19	10,51	22,94	
ROLO COMPACTADOR : DYNAPAC : CC-222 - LISO, TANDEN VIBRAT.	1,00	0,56	0,44	106,79	10,51	64,44	
ROLO COMPACTADOR : TEMA TERRA SE 8000 - DE PNEUS AUTOPROP.	1,00	0,58	0,42	102,33	10,51	63,78	
VASSOURA MECÂNICA : CMV : - REBOCÁVEL	1,00	0,24	0,76	3,50	0,01	0,84	
VIBRO-ACABADORA DE ASFALTO : CIFALI : VDA-600BM - SOBRE EST.	1,00	0,81	0,19	120,94	14,46	100,71	
CAMINHÃO BASCULANTE : MERCEDES BENZ : 2423 K - 10 M <sup>3</sup> - 15 T	1,53	1,00	0,00	100,38	12,50	153,58	
<b>CUSTO HORÁRIO DE EQUIPAMENTO =</b>						<b>406,29</b>	
Mão de Obra (B)	Encargos	Quant	Salário-Hora	Custo Horário			
ENCARREGADO DE TURMA		1,00	14,46	14,46			
SERVEnte		6,00	7,42	59,36			
<b>CUSTO HORÁRIO DE MÃO DE OBRA =</b>						<b>73,82</b>	
<b>ADC. M.O - FERRAMENTAS (15,51%)=</b>						<b>11,45</b>	
<b>CUSTO HORÁRIO TOTAL DE MÃO DE OBRA =</b>						<b>85,27</b>	
<b>CUSTO HORÁRIO DE EXECUÇÃO =</b>						<b>491,56</b>	
(C) Produção da Equipe	45.000 T	/H	<b>(D) CUSTO UNITÁRIO DE EXECUÇÃO =</b>				<b>10,92</b>
Material (E)	Unid.	Custo	Consumo	Custo Unitário			
<b>CUSTO TOTAL DO MATERIAL =</b>						<b>180,54</b>	
Atividades Auxiliares (F)	Unid.	Custo	Consumo	Custo Unitário			
USINAGEM - MISTURA 4A	T	180,54	1,0000	180,54			
<b>CUSTO TOTAL DAS ATIVIDADES =</b>						<b>180,54</b>	
Transporte de Materiais(G)	DMT (T)	DMT (P)	DMT (Tot)	Custo	Consumo	Custo Unitário	
MASSA - NP			27,78	0,50	1,0000	13,89	
<b>CUSTO TOTAL DO TRANSPORTE =</b>						<b>13,89</b>	
CUSTO UNITARIO DIRETO TOTAL: (D)+(E)+(F)						205,35	
LUCRO E DESPESAS INDIRETAS ( 0,00 %)						0,00	
PREÇO UNITARIO TOTAL:						205,35	

## COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIO

Pag.: 13

Serviço: USINAGEM - MISTURA 5A

Unid: T

Data: 16/08/2007

Código:

Equipamento (A)	Quant	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário	
		Operat.	Improd.	Operat.	Improd.		
CARREGADEIRA DE PNEUS CATERPILLAR : 950G - 3,1 M3	1,00	0,26	0,74	163,51	13,51	52,64	
TANQUE DE ESTOCAGEM DE ASFALTO CIPALI : - 20.000 L	3,00	1,00	0,00	3,64	0,00	10,92	
AQUECEDOR DE FLUIDO TERMICO : TENGE : TK-III -	1,00	1,00	0,00	19,06	0,00	19,06	
USINA DE ASFALTO A QUENTE : CIPALI : DMC-2 - 90/120 T/H	1,00	1,00	0,00	199,06	14,40	199,06	
GRUPO GERADOR : HEIMER : GEHM-40 - 36/40 KVA	1,00	1,00	0,00	27,26	10,51	27,26	
GRUPO GERADOR : HEIMER : GEHM-180 - 164 / 180 KVA	1,00	1,00	0,00	81,25	10,51	81,25	
<b>CUSTO HORÁRIO DE EQUIPAMENTO =</b>						<b>390,19</b>	
Mão de Obra (B)	Encargos	Quant	Salário-Hora	Custo Horário			
ENCARREGADO DE TURMA		1,00	14,46	14,46			
SERVEnte		8,00	7,42	59,36			
<b>CUSTO HORÁRIO DE MÃO DE OBRA =</b>						<b>73,82</b>	
<b>ADC. M.O - FERRAMENTAS ( 15,51%)=</b>						<b>11,45</b>	
<b>CUSTO HORÁRIO TOTAL DE MÃO DE OBRA =</b>						<b>85,27</b>	
<b>CUSTO HORÁRIO DE EXECUÇÃO =</b>						<b>475,46</b>	
<b>(C) Produção da Equipe</b>	45.000 T	/H	<b>(D) CUSTO UNITÁRIO DE EXECUÇÃO =</b>				<b>10,57</b>
Material (E)	Unid.	Custo	Consumo	Custo Unitário			
ÓLEO COMBUSTÍVEL 1A	L	1,22	8,0000	9,76			
CIMENTO PORTLAND CP-32	KG	0,33	59,6000	19,67			
AREIA COMERCIAL	M3	23,00	0,0666	1,53			
SEIXO COMERCIAL	M3	48,00	0,4982	23,91			
VIATOP 66	KG	5,06	5,0000	25,30			
CIMENTO ASFALTICO CAP 30/45	T	1.668,96	0,0780	130,18			
<b>CUSTO TOTAL DO MATERIAL =</b>						<b>210,35</b>	
Atividades Auxiliares (F)	Unid.	Custo	Consumo	Custo Unitário			
<b>CUSTO TOTAL DAS ATIVIDADES =</b>							
Transporte de Materiais(G)	DMT (T)	DMT (P)	DMT (Tot)	Custo	Consumo	Custo Unitário	
<b>CUSTO TOTAL DO TRANSPORTE =</b>							
CUSTO UNITARIO DIRETO TOTAL: (D)+(E)+(F)						220,92	
LUCRO E DESPESAS INDIRETAS ( 0,00 %)						0,00	
PREÇO UNITARIO TOTAL:						220,92	



## COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIO

Pag.: 14

Serviço: CBUQ - MISTURA 5A

Unid: T

Data: 16/08/2007

Código:

Equipamento (A)	Quant	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário
		Operat.	Improd.	Operat.	Improd.	
TRATOR AGRÍCOLA MASSEY FERGUSON : MF 292/4 -	1,00	0,24	0,76	62,19	10,51	22,94
ROLO COMPACTADOR : DYNAPAC : CC-222 - LISO, TANDEN VIBRAT.	1,00	0,56	0,44	106,79	10,51	64,44
ROLO COMPACTADOR : FEMSA TERRA SP 8000 - DE PNEUS AUTOPROP.	1,00	0,58	0,42	102,33	10,51	63,78
VASSOURA MECÂNICA : CMV : - REBOCÁVEL	1,00	0,24	0,76	3,50	0,00	0,84
VIBRO-ACABADORA DE ASFALTO : CIFALI : VDA-600BM - SOBRE EST	1,00	0,81	0,19	120,94	14,44	100,71
CAMINHÃO BASCULANTE : MERCEDES BENZ : 2423 X - 10 M3 - 15 T	1,53	1,00	0,00	100,38	12,50	153,58

CUSTO HORÁRIO DE EQUIPAMENTO = 406,29

Mão de Obra (B)	Encargos	Quant	Salário-Hora	Custo Horário
ENCARREGADO DE TURMA		1,00	14,46	14,46
SERVEANTE		8,00	7,42	59,36

CUSTO HORÁRIO DE MÃO DE OBRA = 73,82

ADC. M.O - FERRAMENTAS (15,51%)= 11,45

CUSTO HORÁRIO TOTAL DE MÃO DE OBRA = 85,27

CUSTO HORÁRIO DE EXECUÇÃO = 491,56

(C) Produção da Equipe 45.000 T /H

(D) CUSTO UNITÁRIO DE EXECUÇÃO = 10,92

Material (E)	Unid.	Custo	Consumo	Custo Unitário
CUSTO TOTAL DO MATERIAL =				

Atividades Auxiliares (F)	Unid.	Custo	Consumo	Custo Unitário
USINAGEM - MISTURA 5A	T	220,92	1,0000	220,92

CUSTO TOTAL DAS ATIVIDADES = 220,92

Transporte de Materiais(G)	DMT (T)	DMT (P)	DMT (Tot)	Custo	Consumo	Custo Unitário
MASSA - NP		27,78		0,50	1,0000	13,89

CUSTO TOTAL DO TRANSPORTE = 13,89

CUSTO UNITÁRIO DIRETO TOTAL: (D)+(E)+(F)

245,73

LUCRO E DESPESAS INDIRETAS ( 0,00 %)

0,00

PREÇO UNITÁRIO TOTAL:

245,73

COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIO							Pag.: 15
Serviço: SEIXO BRITADO			Unid: M3	Data: 16/08/2007			
				Código:			
Equipamento (A)	Quant	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário	
		Operat.	Improd.	Operat.	Improd.		
CARREGADEIRA DE PNEUS CASE W-20 - 1,33 M3	1,00	0,21	0,79	91,42	13,68	30,01	
CONJUNTO DE BRITAGEM : FAÇO : L=150R - 30 M3/H	1,00	1,00	0,00	155,37	13,68	155,37	
GRUPO GERADOR : HEIMER : GERM-150 - 136 / 150 KVA	1,00	1,00	0,00	69,31	10,58	69,31	
<b>CUSTO HORÁRIO DE EQUIPAMENTO =</b>						<b>254,69</b>	
Mão de Obra (B)	Encargos	Quant	Salário-Hora	Custo Horário			
ENCARREGADO DE BRITAGEM		1,00	27,36	27,36			
SERVENTE		8,00	7,42	59,36			
<b>CUSTO HORÁRIO DE MÃO DE OBRA =</b>						<b>86,72</b>	
<b>ADC. M.O - FERRAMENTAS (20.51%)=</b>						<b>17,79</b>	
<b>CUSTO HORÁRIO TOTAL DE MÃO DE OBRA =</b>						<b>104,51</b>	
<b>CUSTO HORÁRIO DE EXECUÇÃO =</b>						<b>359,20</b>	
(C) Produção da Equipe	20.000 M3 /H	(D) CUSTO UNITÁRIO DE EXECUÇÃO =				17,96	
Material (E)	Unid.	Custo	Consumo	Custo Unitário			
PEÇAS DE DESGASTE DO BRITADOR 30M3/H	CJX	58,26	0,0400	2,33			
<b>CUSTO TOTAL DO MATERIAL =</b>						<b>2,33</b>	
Atividades Auxiliares (F)	Unid.	Custo	Consumo	Custo Unitário			
<b>CUSTO TOTAL DAS ATIVIDADES =</b>							
Transporte de Materiais(G)	DMT (T)	DMT (P)	DMT (Tot)	Custo	Consumo	Custo Unitário	
<b>CUSTO TOTAL DO TRANSPORTE =</b>							
CUSTO UNITARIO DIRETO TOTAL: (D)+(E)+(F)						20,29	
LUCRO E DESPESAS INDIRETAS ( 0,00 %)						0,00	
PREÇO UNITARIO TOTAL:						20,29	