

PROPOSIÇÃO DE UM MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DE CAMADAS DE PAVIMENTO DE ALTO MÓDULO A PARTIR DE ESTUDOS DE MISTURAS ASFÁLTICAS DE ALTO DESEMPENHO

Pesquisadores:
Assis Rodrigues Abbud Villela, MSc
Prof^a Titular Dr^a Liedi Légi Bariani Bernucci

São Paulo
2011

RESUMO

A partir dos anos 1980, iniciou-se na França o uso de misturas asfálticas de módulo elevado (EME - Enrobé à Module Éleve) em intervenções de pavimentos para a restauração de vias urbanas e de trechos de auto-estradas sujeitas a tráfego pesado e intenso. Estas experiências tiveram como principais finalidades reduzir a deformabilidade e as espessuras das camadas do pavimento, elevando sua rigidez e melhorando seu comportamento mecânico quanto à deformação permanente e à vida de fadiga, em comparação com outros materiais convencionais. Com base nesta pesquisa, estudou-se o comportamento de camadas de EME empregadas nos serviços de restauração, considerando as circunstâncias dos projetos brasileiros. São apresentados os primeiros ensaios laboratoriais com misturas de EME para definição do projeto de mistura, comportamento mecânico, Prensa de Cisalhamento Giratória (PCG - Presse à Cisaillement Giratoire) e deformação permanente, cujos resultados têm sido bastante promissores. Esta pesquisa conta com a execução de um trecho experimental na rodovia Presidente Dutra, localizado no município de Jacareí/SP, que é sujeita a tráfego pesado e intenso. Neste trecho composto de três diferentes seções experimentais, variando-se a espessura da camada de base de módulo elevado, foi avaliado e comprovado o bom comportamento estrutural do pavimento com mistura de EME como base asfáltica para restauração do pavimento de rodovia com tráfego muito pesado.

SUMÁRIO

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	6
1.1. RELEVÂNCIA DA PESQUISA	6
1.2. DELIMITAÇÕES E PRESSUPOSTOS DA PESQUISA	8
1.5. OBJETIVOS DA PESQUISA DO RDT/ANTT	9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1. INTRODUÇÃO	10
2.2. CARACTERÍSTICAS DAS MISTURAS DE MÓDULO ELEVADO (EME)	13
2.3. EXPERIÊNCIAS ANTERIORES COM PAVIMENTOS CONSTITUÍDOS DE MISTURAS ASFÁLTICAS DE MÓDULO ELEVADO (EME)	19
2.3.1. Experiências Francesas	19
2.3.2. Experiências Espanholas	23
2.3.3. Experiência Suíça	25
2.3.4. Experiências Portuguesas	25
2.3.5. Experiência Polonesa	28
2.3.6. Experiência Italiana	28
2.3.7. Experiências Brasileiras	29
3. TRECHO EXPERIMENTAL	35
3.1. LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS GERAIS DA REGIÃO	35
3.2. CLIMA E TRÁFEGO ATUANTES NA REGIÃO	36
3.2.1. Clima Atuante na Região	36
3.2.2. Tráfego Atuante na Região	39
3.3. INVESTIGAÇÕES NO TRECHO EXPERIMENTAL	39
3.3.1. Estaqueamento Georreferenciado	39
3.3.2. Avaliação do Pavimento anterior à execução do trecho experimental	41
3.3.2.1. Levantamento deflectométrico	41
3.4.2.2. Sondagens e ensaios	41
3.4.2.3. Levantamento visual detalhado (LVD)	45

3.4. DEFINIÇÃO DO TRECHO EXPERIMENTAL	48
4. ESTUDOS PARAMÉTRICOS	51
4.1. ESTUDOS PARAMÉTRICOS ANTECEDENTES	51
4.2. ESTUDOS PARAMÉTRICOS PARA ESTRUTURAS DE PAVIMENTO RESTAURADAS COM CAMADA DE BASE EM EME	51
4.2.1. Dimensionamento de Estruturas de Restauração de Pavimentos	53
4.2.2. Análise Estrutural	54
4.2.3. Estudo Estatístico	60
4.3. Verificação dos Esforços Atuantes e Estimativa de Vida Útil Esperada do Trecho Experimental	67
4.4. Considerações Finais	72
5. ESTUDOS LABORATORIAIS	74
5.1. Distribuição Granulométrica	74
5.2. Caracterização do Ligante	75
5.3. Projeto da Mistura	76
5.4. Propriedades Mecânicas – Deformação Permanente e PCG	79
6. USINAGEM E EXECUÇÃO DO TRECHO EXPERIMENTAL	80
6.1. Usinagem do Trecho Experimental	80
6.2. Execução do Trecho Experimental	82
6.2.1. Preparo da Superfície	82
6.2.2. Distribuição e Compactação do EME	84
6.2.3. Sistema de Drenagem	86
6.2.4. Controle da Execução	88
6.2.5. Execução da Camada de Rolamento	89
7. RESULTADOS DAS ANÁLISES MECANÍSTICAS DO TRECHO EXPERIMENTAL	91
7.1. Levantamento Deflectométrico	91
7.2. Análise das Medidas de Deflexões	92
7.3. Retroanálises dos Módulos de Resiliência das Camadas de EME	95
8. CONCLUSÕES	99
9. ENTIDADES COLABORADORAS	101
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102

ANEXOS**109**

- Unifilar do Trecho Experimental
- Caracterização do Ligante pela Petrobras
- Caracterização do Ligante pelo CPR
- Projeto de Mistura
- Controle Tecnológico
- Levantamentos Deflectométricos

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.1. RELEVÂNCIA DA PESQUISA

Visando melhorar o desempenho mecânico e em contrapartida reduzir as espessuras das camadas asfálticas durante serviços de recuperação de pavimentos urbanos e restauração das auto-estradas, foram desenvolvidas na França, na década de 80, as chamadas misturas de módulo elevado (EME¹). Essas misturas apresentam rigidez superior à das misturas convencionais e se caracterizam pelo uso de granulometria contínua e ligantes duros, com penetração a 25°C entre 10 e 25 10⁻¹mm e temperatura de amolecimento anel e bola ≥ 55°C (BROSSEAUD, 2002).

As misturas de módulo elevado denominadas EME são usadas nas camadas de base ou de ligação e especificadas de acordo com a norma francesa NF P 98-140 (AFNOR, 1999). São misturas asfálticas com elevado desempenho e durabilidade que permitem a redução de até 25% de espessura nas camadas de pavimento ante às constituídas com materiais convencionais (BROSSEAUD, 2002; 2006).

A atenção é dada, nesta pesquisa, à avaliação de desempenho de campo que é desenvolvida a partir de trechos experimentais construídos em rodovia, ou seja, estruturas de pavimento submetidas a tráfego real da rodovia Presidente Dutra (BR-116), no estado de São Paulo.

Em linhas gerais propõe-se, nesta pesquisa, a discussão acerca de uma nova tecnologia de restauração de pavimentos que propicie maior rigidez e que apresente bom comportamento em relação à vida à fadiga além de minimizar, o quanto possível, os transtornos para o usuário. Como assinala BROSSEAUD (2002; 2006) ao utilizar ligantes de consistência mais elevada, apesar de os teores obtidos serem

¹ Nesta pesquisa, optou-se por utilizar a sigla EME que é comumente utilizada na literatura técnica rodoviária para designar misturas asfálticas de módulo elevado, sendo suas iniciais derivadas da expressão francesa: *enrobé à module élevé*.

relativamente maiores, em torno de 6%, e das misturas terem baixos volumes de vazios, na ordem de 3 a 6%, consegue-se manter um bom comportamento em relação à fadiga, possibilitando pavimentos de menores espessuras e com características mecânicas superiores a de estruturas convencionais.

Pelo exposto, esta pesquisa busca trazer contribuições no estudo do comportamento de misturas asfálticas de módulo elevado tanto laboratorial como de campo. Outras pesquisas nacionais abordaram este mesmo tema sob enfoques distintos.

Em MAGALHÃES (2004), foram desenvolvidos estudos laboratoriais por meio de ensaios de módulo de resiliência, resistência à tração, fadiga e análise mecanística, sendo possível a comparação de duas misturas de EME com ligante modificado por EVA (AMP EVA) e um resíduo asfáltico de petróleo (RASF) e uma mistura com CAP 20, preparadas com agregado de natureza mineral granítica. As misturas preparadas com ligantes especiais apresentaram módulo de resiliência até três vezes maiores que a mistura convencional. Com base em curvas de fadiga e em análises paramétricas, foi concluído pelo autor que a mistura preparada com RASF apresentou desempenho superior quando comparado com a mistura de AMP EVA, com relação à vida de fadiga para um N maior que 10^8 .

Freitas (2007) avaliou o emprego da escória de aciaria na produção de misturas asfálticas de módulo elevado (EME). Nessa pesquisa, foram analisados os comportamentos da mistura por meio de ensaios de módulo de resiliência, resistência à tração, fadiga, *creep* e análise mecanística. Mostrou-se que a escória de aciaria pode ser considerada alternativa viável como agregado em misturas de EME, apresentando características físicas e mecânicas tão boas quanto e, em alguns casos, até superiores a do agregado convencional utilizado na comparação de comportamento.

ROHDE (2007) desenvolveu sua tese empregando procedimentos laboratoriais e testes acelerados em escala real para caracterizar misturas asfálticas de módulo elevado. No estudo laboratorial foram desenvolvidas misturas de módulo elevado

empregando os ligantes RASF, AMP EVA e também foi utilizado um CAP 30/45 modificado por 1,2% de ácido polifosfórico (PPA 30/45) no projeto de misturas de módulo elevado. Além destes ligantes, como referência, foi utilizado o CAP 50/70 puro. Na outra etapa do estudo, uma pista experimental com mistura asfáltica de módulo elevado foi executada, submetida ao tráfego imposto pelo simulador linear UFRGS-DAER/RS e monitorada. No desenvolvimento do projeto da mistura asfáltica foram estudados um CAP 50/70 modificado por 2% de ácido polifosfórico, um ligante asfáltico modificado em escala laboratorial por asfaltita e um resíduo asfáltico proveniente do beneficiamento do petróleo Árabe Leve em torre de vácuo.

Apesar de as deformações máximas terem atingido 8mm no final do experimento, concluiu-se que as misturas modificadas para a formulação de EME têm melhor desempenho que a mistura de referência adotada (CAP 50/70 puro).

1.2. DELIMITAÇÕES E PRESSUPOSTOS DA PESQUISA

Alguns pressupostos adotados na pesquisa são essenciais para a delimitação das fronteiras deste trabalho de investigação, tornando mais clara a formulação e compreensão do objetivo desta pesquisa.

Previamente, faz-se necessário estabelecer que o objeto deste estudo é a mistura asfáltica, em especial a mistura asfáltica de módulo elevado (EME), como parte integrante da estrutura de um pavimento. Serão abordadas questões como: a seleção dos materiais, análise do comportamento dos materiais em laboratório, as etapas e o processo de construção do trecho experimental, estudo paramétrico para entendimento dos seus esforços atuantes e análise do comportamento em campo.

O aspecto custo de execução não será assunto abordado em sua plenitude, apenas será abordado como comparativo aos custos dos serviços utilizados para estruturas

de pavimentos comumente adotados na construção rodoviária (pavimentos flexíveis, pavimentos semi-rígidos, pavimentos invertidos² e pavimentos rígidos).

1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA DO RDT/ANTT

A presente pesquisa tem como objetivo estudar a tecnologia francesa para execução de camada de base constituída de EME e adaptá-la para as condições brasileiras a fim de possibilitar a análise de seu comportamento em laboratório e em campo por meio do trecho experimental a ser executado e submetido ao tráfego real da rodovia Presidente Dutra (BR-116), no estado de São Paulo.

Em decorrência do objetivo descrito, desdobram-se as etapas a serem cumpridas, que envolvem:

- Discutir por meio do estudo bibliográfico e principalmente pela execução de trecho experimental as características dos materiais, o processo de produção e a execução da camada asfáltica de EME;
- Analisar as características e o funcionamento mecânico do pavimento constituído de camada de EME sob a influência dos parâmetros que podem afetar o seu desempenho estrutural;
- Propor um método de dimensionamento de pavimento brasileiro para camada asfáltica de EME, a partir de estudos paramétricos e avaliação de desempenho de trecho experimental, considerando: valores de módulo de resiliência (MR), coeficiente de Poisson (μ) admissíveis para projeto.

² Nesta pesquisa, faz-se a distinção entre pavimentos semi-rígidos e invertidos tão somente pela ordem de execução de camadas cimentadas. Defini-se como invertidas seções de pavimento constituídas de base granular e sub-base cimentada e semi-rígidas as constituídas de base cimentada e sub-base granular. Ambas com revestimento em concreto asfáltico.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das misturas asfálticas de módulo elevado (EME) se deu como consequência da crise do petróleo ocorrida na década de 70. A crise do petróleo estimulou a busca por soluções que permitissem a redução da quantidade de asfalto e que mantivesse o mesmo desempenho das misturas tradicionais francesas. A produção de ligantes duros (CAP 10/20) tinha como objetivo reduzir a espessura das camadas de concreto asfáltico por meio do aumento de sua rigidez (elevado módulo de deformabilidade), diminuindo assim a demanda por cimento asfáltico (FEE, 2002). Neste sentido, iniciou-se a execução de misturas de EME como camada de base sobre sub-bases granulares ou em base e sub-base de pavimentos a fim de garantir um melhor desempenho da estrutura.

Mas foi a partir de 1980, na França, que as primeiras experiências com misturas asfálticas de módulo elevado (EME) ocorreram, sendo estudada e desenvolvida uma nova família de misturas asfálticas para camadas estruturais de pavimentos rodoviários, apresentando um comportamento superior às misturas tradicionalmente usadas face aos mecanismos de ruína considerados no dimensionamento: trincamento por fadiga e deformação permanente (CAPITÃO, 2003).

Com dificuldades em empregar soluções convencionais de manutenção de estruturas em pavimento de rodovias submetidas a tráfego elevado e intenso e em vias urbanas (com restrições altimétricas, em virtude às interferências de redes de utilidade pública de abastecimento, limitações de calçadas e guias), os franceses propuseram a adoção de mistura de EME, como camada de base em reforços com ou sem fresagem ou escavação parcial do pavimento antigo, empregando camadas mais esbeltas. (CAROFF e CORTÉ, 1994; CORTÉ, 2001; BROSSEAUD, 2006).

Após 1985, verificou-se o uso de misturas asfálticas de módulo elevado (EME) em situações nas quais as misturas betuminosas tradicionais não apresentavam comportamento adequado. O CAP duro foi utilizado na misturas com agregados de baixa qualidade a fim de produzir misturas de bom desempenho. Na maioria dos casos usaram-se estas misturas em camadas de base associadas a uma camada de rolamento delgada sem funções estruturais, proporcionando assim uma redução na espessura total de camadas asfálticas (VÉRHÉE et al, 1991; CORTÉ 2001). Esta redução, proporcionada pela substituição de uma camada asfáltica tradicional por outra constituída de EME, permitiu uma considerável economia de materiais e de tempo de construção dos pavimentos.

A partir de 1990, iniciou-se a aplicação de betumes duros, em geral modificados, no desenvolvimento de misturas de módulo elevado destinadas à camada de rolamento pelo fato de desempenharem um papel estrutural importante quanto à resistência à formação de trilha de roda. Nesse sentido, questionando-se sobre a necessidade da utilização das duas camadas com funções distintas, uma de base constituída de mistura de EME e outra de rolamento, LESAGE (1993) e LESAGE et al (1993) apresentaram uma mistura que proporcionasse as duas funções. Esta mistura é denominada concreto betuminoso de módulo elevado (BBME) na França de *béton bitumineux à module élevé* (BBME) e especificada pela norma NF P 98-141 (AFNOR, 1992).

Segundo DELORME et al (1996), para o desenvolvimento destas novas concepções de misturas com ligantes de baixa penetração, foi necessário não só um grande número de ensaios de laboratório, para a comparação entre o desempenho das misturas tradicionais e das novas, mas também foram essenciais os testes destas misturas no Simulador de Tráfego Circular de Nantes, além da observação de trechos experimentais por 10 a 15 anos. Dessa forma, só em 1992 foi possível propor uma primeira especificação francesa para misturas de módulo elevado.

Com a finalidade de reduzir os riscos de deformação permanente o uso de misturas de módulo elevado tem sido frequentemente acompanhado pelo uso de misturas

asfálticas delgada (*Béton Bitumineux Très Mince* – BBTM) como camada de rolamento com finalidade estritamente funcional. O uso conjunto dessas soluções, camada de rolamento delgada e mistura de EME, tem mostrado as seguintes vantagens:

- baixa porcentagem de vazios e alta rigidez das misturas de módulo elevado que fornece proteção para base quanto à fadiga e à deformação permanente;
- alta textura superficial do BBTM devido a sua granulometria descontínua que proporciona elevada resistência à derrapagem.

As misturas de módulo elevado foram normalizadas em outubro de 1992 pela AFNOR com a denominação NF P 98-140 e em 1993 com a denominação NF P 98-141 para as misturas do tipo EME (*enrobé à module élevé*) e BBME (*béton bitumineux à module élevé*) respectivamente (CORTÉ, 2001).

As misturas BBME são utilizadas em menor escala em comparação com as misturas EME (MARSOT, 1993). Existem algumas experiências com esse tipo de mistura, como podem ser citadas as pesquisas de GLITA et al (2000) e JAMOIS et al (2002). Também na França (KOBISH et al, 1997; JAMOIS et al, 2000), foram estudadas misturas ainda mais rígidas que as EME, denominadas misturas asfálticas de módulo muito elevado (EMTE), utilizadas como camada de base e constituídas de CAP mais consistentes, com penetrações a 25°C inferiores a 10 décimos de milímetro. Tanto as misturas de BBME quanto as de EMTE não fazem parte de objeto de estudo desta pesquisa.

Após os estudos desenvolvidos para a avaliação do comportamento mecânico em laboratório, aplicação e desempenho em campo das misturas asfálticas de módulo elevado (EME) na França, outros Países também realizaram pesquisas com esta tecnologia a fim de comprovarem as vantagens da tecnologia francesa nas condições construtivas e de solicitação locais. No item 2.3 deste capítulo, serão apresentadas de forma sucinta algumas dessas experiências.

2.2. CARACTERÍSTICAS DAS MISTURAS DE MÓDULO ELEVADO (EME)

As misturas asfálticas de módulo elevado (EME) utilizadas na França são empregadas em pavimentos asfálticos de estrutura plena (do tipo *full depth*) ou estruturas mistas. São também muito utilizadas na execução de restauração de pavimentos, ou seja, com a presença de um substrato remanescente que, portanto, sofreu ações do tráfego ao longo de sua vida de serviço.

A adoção desta técnica pode ainda resultar em redução da espessura final do pavimento de 25%, resultando em economia de agregados e ligante asfáltico (SETRA, 1998 e RGRA, 2005).

Essas misturas são caracterizadas pelo uso de ligantes duros, granulometria contínua e apresentam faixa de valores de módulos de resiliência bem superiores aos encontrados nas misturas convencionais. São misturas densas, de granulometria contínua (30% a 35% passante na peneira de 2mm e 7% a 8% de filer) e possuindo em sua formulação agregados com diâmetro máximo de 10mm, 14mm ou 20mm., sendo aplicado em camadas variando de 6 a 15 cm de espessura. Possuem alto teor de asfalto em torno de 6% (razão entre o peso do asfalto e o peso do agregado), maior quando comparado ao concreto asfáltico comumente utilizado. Na França, o mais usual é EME 0/14.

Quanto às características de deformabilidade das misturas de módulo elevado, o uso de um asfalto duro como ligante aumenta a rigidez da mistura asfáltica (CORTÉ, 2001). Portanto, a dureza do CAP empregado confere elevado módulo de deformabilidade à mistura asfáltica permitindo, com igual espessura, reduzir os transmitidos ao subleito. Além disso, o alto do teor de asfalto possibilita o aumento da compacidade da mistura e da sua resistência à fadiga.

A especificação francesa NF P 98-140 (AFNOR, 1999) diferencia duas classes de desempenho de EME: as misturas da classe 1 possuem teor de asfalto reduzido em relação às da classe 2, apresentando menor durabilidade e resistência à fadiga,

sendo usadas preferencialmente em camadas sujeitas à compressão. Têm papel importante para à deformações permanentes.

As misturas de módulo elevado estão divididas em dois tipos de acordo com sua aplicação seja para camada de ligação (*binder*) ou camada de base (*enrobé à module élevé* – EME) ou camada de rolamento ou binder (*béton bitumineux à module élevé* – BBME). As normas NF P 98-140, estabelecida para EME e NF P 98-141, estabelecida para BBME são frutos de mais de 10 anos de aplicação em obras e acompanhamento do desempenho de trechos experimentais e análises laboratoriais.

Essas misturas são divididas em classes de desempenho. A mistura de EME é divida em duas classes: EME 1 – introduzida somente em 1988, devido ao reduzido teor de asfalto, próximos das camadas de base tradicionais francesas denominadas *grave bitume* (GB), apresenta baixa durabilidade e resistência à fadiga, sendo usada preferencialmente em camadas sujeitas à compressão; e o EME 2 – correspondente a primeira geração deste material, com maior teor de ligante e apresentando maior durabilidade e resistência a fadiga (CORTÉ, 2001).

A mistura de módulo elevado conhecida como EME 2, associada a uma camada de rolamento em concreto asfáltico delgado (2 a 3cm) constitui uma das técnicas de manutenção mais frequentes para os pavimentos de tráfego elevado e intenso, uma vez que neste caso, tem-se um poder estrutural aceitável associado à uma redução da espessura que chega a 25%, além da elevada resistência a formação de afundamento de trilhas de roda e boa manutenção da macrotextura (aderência e rugosidade). Para conciliar duas propriedades, um pouco contrárias, como a rigidez elevada (módulo a 15°C, 10Hz maior que 14.000 MPa) e a resistência elevada à fadiga ($\varepsilon_6 \geq 130 \mu\text{def}$, EME2), é necessário usar um asfalto bastante duro (penetração a 25°C entre 10 e 25/10mm; TBA $\geq 55^\circ\text{C}$). Essa consistência elevada permite uma dosagem relativamente alta em ligante (em torno de 6%, para o EME2), sem que a resistência à afundamento de trilhas de roda seja afetada, mesmo o material apresentando uma baixa porcentagem de vazios, variando de 3 a 6% para o EME 2 (BROSSEUAD, 2002).

Segundo BROUSSEAUD (2002), nas normas francesas não existem faixas granulométricas a serem seguidas. Todo o projeto de dosagem da mistura é baseado no produto final a ser alcançado ou no desempenho requerido da mistura, confirmado pelos ensaios.

Há, entretanto, nas normas portuguesas indicação da faixa granulométrica que a mistura de EME 0/20³ deve se enquadrar (JAE, 1998 e BRANCO et al, 2006).

**Tabela 2.1 - Faixas Granulométricas para a mistura de módulo elevado adotadas em camada de base em Portugal
(JAE, 1998 e BRANCO et al, 2006)**

Abertura das malhas das peneiras ASTM (mm)	nº	% Passante	
		Limite Superior	Limite Inferior
25	1"	100	100
19	3/4"	100	90
12,5	1/2"	90	70
9,5	3/8"	80	60
4,75	nº 4	62	44
2,36	nº 8	44	30
0,85	nº 20	30	16
0,425	nº 40	21	10
0,18	nº 80	14	7
0,075	nº 200	10	6

Quanto aos ligantes, embora as normas francesas não façam restrições às suas características, que tanto pode ser um ligante puro, modificado com polímeros ou com aditivos (fibras), a dosagem mínima em asfalto é fixada por meio do "módulo de riqueza" que traduz uma espessura mínima de filme de asfalto sobre o agregado (BROSSEAUD, 2002).

A partir da escolha de uma determinada curva granulométrica, define-se o teor de ligante em função da superfície específica e do tipo de mistura a partir do módulo de riqueza ($k = richness factor$), conforme a Equação 2.1:

³ BRANCO et al (2006) citam que, em Portugal, as misturas de alto módulo utilizadas na execução de camadas de base é de granulometria 0/20, como nas misturas convencionais.

$$Teor\ de\ ligante = k \cdot \alpha \cdot \sqrt[5]{\Sigma} \quad (\text{equação 2.1})$$

Na equação 2.1,

k é o módulo de riqueza;

α é o coeficiente de correção em função da densidade do agregado, segundo a equação 2.2;

$$\alpha = \left(\frac{2,65}{D_{ef}} \right) \quad (\text{equação 2.2})$$

Na equação 2.2,

D_{ef} é a densidade efetiva da mistura de agregados;

Σ é a superfície específica calculada, segundo a equação 2.3;

$$\Sigma = 0,25G + 2,3S + 12s + 135f \quad (\text{equação 2.3})$$

Na equação 2.3,

G é a porcentagem de agregados com diâmetro superior a 6,3 mm;

S é a porcentagem de agregados com diâmetro entre 6,3 e 0,315 mm;

s é a porcentagem de agregados com diâmetro entre 0,315 e 0,075 mm;

f é a porcentagem de agregados com diâmetro inferior a 0,075 mm.

A partir da determinação do teor mínimo de ligante, espera-se que haja o recobrimento total dos agregados e consequentemente maior durabilidade da mistura.

Segundo SERFASS et al (1997) as misturas de módulo elevado podem ser divididas em duas categorias quanto ao módulo de riqueza k :

- misturas ricas: que têm módulo de riqueza maior que 3,2; apresentando teor de ligante entre 5,5% e 6,2% com excelente desempenho mecânico em termos de rigidez, deformação permanente e vida de fadiga comprovada pelo monitoramento de vários trechos, desde 1992. Essas misturas apresentam maior aptidão à compactação, menor porcentagem de vazios, maior resistência à água (ensaio Duriez), maior resistência à fadiga e pequena diferença na resistência à deformação permanente;
- misturas pobres ou fracas: com módulo de riqueza entre 2,5 e 3,2; apresentando teor de ligante entre 4,0% e 5,4%, foram extensivamente desenvolvidas com propósitos essencialmente econômicos.

A Tabela 2.2, adaptada de AFNOR (1999) CORTÉ e SERFASS (2000) e CORTÉ (2001), apresenta as especificações francesas com os desempenhos mecânicos mínimos exigidos para misturas de alto módulo utilizadas.

Tabela 2.2 - Especificações da NF P 98-140 para misturas de elevado módulo (EME 1 e EME 2) adaptada de AFNOR (1999) CORTÉ e SERFASS (2000) e CORTÉ (2001)

Parâmetros	EME 1		EME 2	
Granulometria	contínua		contínua	
Módulo de riqueza (k)	2,5 – 3,3		$\geq 3,4$	
Diâmetro máximo dos agregados (0/D) e espessura das camadas	0/10 0/14 0/20	6 a 10 cm 7 a 12 cm 10 a 15 cm	0/10 0/14 0/20	6 a 10 cm 7 a 12 cm 10 a 15 cm
% Ligante, para 0/10	4,0 – 5,0		5,2 – 6,2	
% Ligante, para 0/14	3,8 – 4,8		5,0 – 6,0	
% Ligante, para 0/20	3,6 – 4,6		4,9 – 5,8	
Nível de compactação (%)	94 - 98		94 - 98	
Ensaio Duriez (18°C) NF P 98-251-1	$\geq 0,70$		$\geq 0,70$	
Deformação Permanente (60°C, 30.000 ciclos) NF P 98-253-1	$\leq 7,5\%$ (vazios entre 7 e 10%)		$\leq 7,5\%$ (vazios entre 3 e 6%)	
Módulo Rigidez (15°C, 10 Hz) MPa NF P 98-280-2	≥ 14.000 (vazios entre 7 e 10%)		≥ 14.000 (vazios entre 3 e 6%)	
Tração Direta MPa NF P 98-260-1	≥ 14.000 (vazios entre 7 e 10%)		≥ 14.000 (vazios entre 3 e 6%)	
Ensaio de Fadiga ϵ_6 (10^{-6}) (15°C, 25 Hz), em 1 milhão de ciclos NF P 98-260-1	$\geq 100 \mu\text{def}$ (vazios entre 7 e 10%)		$\geq 130 \mu\text{def}$ (vazios entre 3 e 6%)	
PCG Volume de vazios (%)	≤ 10		≤ 6	

Além da realização de ensaios laboratoriais, que tem por finalidade simular as condições de serviço dos materiais de pavimentação, a caracterização do comportamento de pavimentos com EME é feita também por meio da construção e monitoramento de pistas experimentais. Outro procedimento habitual é monitorar trechos executados em estradas da rede viária. Em ambos os casos, o objetivo fundamental é caracterizar melhor o desempenho em serviço dos materiais. No item a seguir serão apresentadas de forma sucinta algumas dessas experiências.

2.3. EXPERIÊNCIAS ANTERIORES COM PAVIMENTOS CONSTITUÍDOS DE MISTURAS ASFÁLTICAS DE MÓDULO ELEVADO (EME)

Algumas experiências foram desenvolvidas com a execução de estruturas de pavimentos e submetendo-as a carregamentos simulados, outras com trecho de pavimento executado em vias submetidas a tráfego real. Em ambos os casos, sendo avaliado o seu comportamento mecânico. Outras ainda foram desenvolvidas estritamente com simulação de tráfego laboratorial a fim de conhecer o comportamento mecânico da mistura de EME em comparação com misturas asfálticas convencionais.

Apresentam-se a seguir algumas pesquisas que relatam as experiências na utilização de EME na França e em alguns outros Países, inclusive no Brasil.

2.3.1. Experiências Francesas

- VIVIER e DEGUINES (1986)

Tem-se como referência em diversos outros estudos sobre misturas asfálticas de módulo elevado a pesquisa de VIVIER e DEGUINES (1986).

Segundo essa pesquisa, o projeto previa originalmente um pavimento constituído por 27cm de camadas asfálticas. A falta de material pétreo de boa qualidade na região e a abundância de agregados aluvionares foram determinantes para a adoção de EME. Assim, as camadas estruturais foram realizadas com misturas asfálticas de módulo elevado proporcionando uma redução significativa nos custos da obra em decorrência da diminuição da espessura das camadas do pavimento e, por haver grande quantidade de seixo na região, redução no custo transporte do material e na sua produção.

- LAUTIER et al. (1991)

LAUTIER et al. (1991) apresentam em sua pesquisa a execução de um trecho constituído de EME na RD 570, em *Bouches-du-Rhône*. O projeto em sua concepção original previa a construção de uma camada de 70cm de material britado assente em geotêxtil nos trechos de pavimento novo, e de 20 a 30cm se colocada sobre o pavimento existente; uma camada asfáltica de 24cm além de uma camada de rolamento em concreto asfáltico com 6cm de espessura.

A alternativa proposta manteve as camadas granulares, alterando apenas as camadas asfálticas para: 2,5cm de rolamento; 12cm de concreto betuminoso e 9cm de EME. Tal alteração resultou em uma redução na espessura total das camadas asfálticas superior a 20% desempenhando um bom comportamento em serviço.

- CORTÉ et al (1994)

CORTÉ et al (1994) estudaram a deformação permanente de camadas de rolamento por meio do simulador de tráfego circular do LCPC (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées) e ensaios de laboratório (simulador LPC e ensaios de *creep* estático e dinâmico). Nesta pesquisa foram estudadas misturas com 4 tipos diferentes de ligantes, sendo 3 com mesma classe de penetração 50/70: um convencional, outro modificado por SBS e o Shell Multigrade (de baixa sensibilidade térmica); e um ligante duro com penetração 10/20.

As estruturas analisadas apresentaram as mesmas espessuras e características para todas as camadas, exceto a composta pelo ligante duro, que além de 8cm de mistura como as demais, apresentava também um revestimento de 2,5cm de ligante modificado por SBS. Após 202.000 ciclos de carregamento no simulador circular, as maiores deformações encontradas, superiores a 12 mm, ocorreram as misturas com o ligante convencional 50/70, no modificado por SBS e no Shell Multigrade variarão de 5 e 7mm e enquanto que as menores, de 3 a 5 mm, ocorreram com o ligante duro.

- SETRA (1997)

Segundo a SETRA (1997), foi desenvolvida na França uma avaliação de desempenho de 47 trechos de pavimentos construídos no início dos anos oitenta com idades de 2 a 14 anos. Nesta pesquisa as misturas asfálticas de módulo elevado (EME) demonstraram-se bem sucedidas. Os trechos foram implantados em rodovias francesas, auto-estradas e rodovias urbanas expressas, compreendendo diversas faixas de volumes tráfego com idades distintas. As extensões dos trechos experimentais variaram entre menor que 1km (21 trechos), entre 1 e 5 km (19 trechos) e maior que 5 km (7 trechos).

Os trechos estudados foram distribuídos entre trechos novos e restaurados, sendo a maioria (36 trechos) executada com uma camada de rolamento do tipo concreto betuminoso delgado ou muito delgado (BBM ou BBTM). Neste estudo teve a possibilidade de concluir que os trechos com idade entre 2 e 6 anos não apresentaram degradação nem fissuras incipientes; os trechos com idade entre 6 e 10 anos apresentaram certa porcentagem de fissuras, porém de baixa a moderada severidade; e, os trechos com mais de 10 anos apresentaram uma tendência similar sem no entanto requererem intervenções de restauração significativas. Nenhum dos trechos deste estudo apresentou necessidade de reconstrução.

- PARIZÉ et al (1998)

PARIZÉ et al (1998) descrevem o estudo que permitiu o emprego de misturas de módulo elevado em aeroportos franceses, com a introdução do “*coeficiente de equivalência estrutural*” (CE) deste material em relação aos tradicionais. Esta pesquisa teve como motivação o método de dimensionamento de pavimentos de aeroportos usado pelos franceses para aeroportos que, naquela época, baseava-se no método do CBR, que tem como princípio calcular uma estrutura equivalente total em termos de camada granular.

Para dividir a espessura total do pavimento em camadas de materiais diferentes, segundo o método do CBR, é preciso trabalhar com o conceito de coeficiente de equivalência estrutural. Os coeficientes de equivalência estrutural comumente utilizados naquela época na França, para os materiais novos de uso em aeroportos são apresentados na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 – Coeficientes estruturais de camadas novas, usadas na França para dimensionamento de pavimentos de aeroportos (PARIZÉ et al, 1998)

Material	Coeficiente estrutural (CE)
Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ)	2,00
Agregado Betume (Grave Bitume - GR)	1,50
Brita Graduada Tratada com Cimento (BGTC)	1,50
Agregado Emulsão (AE)	1,20
Brita Graduada Simples (BGS)	1,00
Areia Tratada com Cimento (ATC)	0,75
Brita Corrida (BC)	0,50

Na determinação de cada coeficiente de equivalência estrutural para o BBME e para o EME, foram executados trechos experimentais com estes materiais e com os convencionais. Estes trechos foram solicitados por carregamentos em serviço variando de 18tf a 24tf. Com estes experimentos foram obtidos os coeficientes de equivalência mostrados na Tabela 2.4. Tais valores foram verificados por meio do programa computacional ALIZÈ.

Tabela 2.4 – Coeficientes estruturais das novas misturas BBME e EME determinados para dimensionamento de pavimentos de aeroportos na França (PARIZÉ et al, 1998)

Material	Coeficiente de equivalência (CE)	Tipo de camada
Concreto Asfáltico de Módulo Elevado (BBME) classe 1 (NF 98-141)	2,50	rolamento
Mistura Asfáltica de Módulo Elevado (EME) classe 2 (NF P 98-140)	1,90	base

2.3.2. Experiências Espanholas

- ROCHA (1992)

Na Espanha, o interesse por materiais de alto desempenho surgiu no final dos anos 1980. ROCHA (1992) apresenta a experiência realizada na Espanha, onde foram executados trechos experimentais a fim de estudar uma estrutura alternativa com mistura asfáltica de módulo elevado e investigar seu comportamento em serviço. Foi executada parte destes trechos com misturas asfálticas convencionais cujas espessuras foram definidas no projeto original e outra construída com EME e sofrendo reduções de espessura variando cerca de 0 a 40%.

Os resultados de três levantamentos deflectométricos nos trechos experimentais mostraram aceitáveis reduções de espessura em até 25% em relação às misturas convencionais. Obtiveram-se deflexões mais elevadas nos trechos realizados com EME nos casos onde a redução de espessura foi superior a 30%.

- VAL MELÚS (1996)

VAL MELÚS (1996) relata os resultados de um estudo realizado sobre camadas de base constituídas de misturas asfálticas de módulo elevado entre 1991 e 1993 na Universidade Politécnica de Madri, com a finalidade de adaptar o uso destes materiais à realidade espanhola. Nesta pesquisa, foram dosadas misturas segundo o método Marshall utilizando quatro tipos de ligante asfáltico com penetrações a 25°C variando entre 21 e 29×10^{-1} mm.

Verificou-se que para uma granulometria densa especificada na Espanha como G20, apresentada na Tabela 2.5, são obtidas misturas de baixa estabilidade (≈ 15 kN), de deformabilidade reduzida (fluência < 2 mm) e de resistência à tração indireta relativamente baixa (≈ 2 MPa a 5°C). Por outro lado, para uma granulometria mais fechada e mais rica em finos (BAM), as estabilidades atingem 20 kN, a fluência é inferior a 2 mm e a resistência à tração a 5°C é superior a 4 MPa.

Tabela 2.5 – Granulometrias avaliadas por VAL MELÚS (1996)

Peneira (mm)	% passante	
	G20	BAM
25	100	100
20	75 - 95	90 - 100
12,5	55 - 75	70 - 90
10	47 - 67	60 - 80
5	28 - 46	44 - 62
2,5	20 - 35	30 - 44
0,63	8 - 20	12 - 24
0,32	5 - 14	8 - 18
0,16	3 - 9	7 - 14
0,080	2 - 6	6 - 10

O autor ainda relata que a partir de 1992 foram executadas na Espanha alguns trechos experimentais empregando camadas de base de misturas asfálticas de módulo elevado, tanto em pavimentos novos quanto em reforço de pavimentos antigos em rodovias com baixo volume de tráfego (< 300 veículos pesados por dia por faixa).

Algumas considerações são apresentadas com relação aos procedimentos de produção e aplicação deste tipo de material. A execução de camadas asfálticas compostas de misturas de módulo elevado é similar à de misturas asfálticas convencionais, exceto que, por empregar ligantes de baixa penetração, as temperaturas devem ser superiores nos tanques de asfalto (165 – 175°C) e na saída da mistura da usina (175 – 185°C). Durante a compactação a temperatura mínima deve variar entre 140 e 150°C. A compactação combina normalmente rolos vibratórios e de pneus e pode ser mais simples devido ao alto teor de ligante proporcionar um efeito lubrificante. Em geral, as espessuras das camadas de mistura de módulo elevado variam entre 80 e 160 mm, sendo aconselhável executar em duas camadas quando exceder 130 mm.

2.3.3. Experiência Suíça

- PERRET et al, 2004

Na Suíça, anteriormente à introdução das misturas de módulo elevado nas especificações para pavimentação, um projeto experimental foi desenvolvido com a construção de três trechos experimentais solicitados por um simulador de tráfego a fim de avaliar o comportamento dos materiais sob diferentes carregamentos e temperaturas (PERRET et al, 2004).

Dois trechos incluíram em sua estrutura EME classe 1 e 2 nas camadas de base, seguindo as especificações francesas. O terceiro trecho, de referência, foi executado com base asfáltica seguindo as recomendações locais. Os três trechos avaliados foram projetados para apresentar resistências à fadiga equivalentes.

A partir da avaliação do desempenho das estruturas para diferentes tipos de carregamento em diferentes temperaturas, conclui-se que a mistura do tipo EME classe 1 avaliada não proporcionou redução significativa na espessura das camadas de base de pavimentos, enquanto que a mistura EME classe 2 permite redução de 30% em relação à mistura convencional.

2.3.4. Experiências Portuguesas

- PAUL e SOUZA (1999)

PAUL e SOUZA (1999) apresentam os resultados de um experimento com uma mistura asfáltica de módulo elevado projetada para a recuperação de uma rodovia portuguesa denominada EN-106 com um tráfego médio diário estimado em 2.000 veículos comerciais. O pavimento original tem uma estrutura constituída por 18cm de camada asfáltica e 12cm de macadame hidráulico assente sobre solos com CBR da ordem de 12%.

Nesta pesquisa, a solução para recuperação previa a fresagem de 16cm e recomposição com uma mistura de módulo elevado e posterior recapeamento com uma camada de desgaste convencional com 6cm de espessura.

A dosagem volumétrica da mistura foi efetuada a partir do método Marshall tomando como referência alguns parâmetros de dosagem para a mistura EME 2 0/20, tais como: módulo de riqueza maior que 3,4 e vazios menor que 6%.

O teor de projeto adotado foi de 5,5%. Os ensaios de módulo de resiliência e de fadiga foram realizados com ensaio de dois cutelos. O ensaio foi realizado à deformação controlada com temperatura de ensaio de 23°C e uma freqüência de 10Hz que, segundo os autores, corresponde a uma velocidade estimada de 60 km/h dos veículos comerciais.

Como resultados obtiveram-se que, para o teor de 4,5% de ligante, o módulo de resiliência foi de 19.532 MPa; para 5,0%, foi de 17.405 MPa e; para 5,5%, foi de 16.811 MPa. As curvas de fadiga apresentam valores de deformações inferiores aos admissíveis, comprovando o bom desempenho.

- CAPITÃO (2003)

A pesquisa desenvolvida por CAPITÃO (2003) teve como objetivo avaliar e modelar o comportamento mecânico de misturas asfálticas de módulo elevado a partir de ensaios capazes de representar as condições climáticas portuguesas. O estudo buscou ainda apresentar indicadores de desempenho a fim de permitir o desenvolvimento de especificações técnicas locais para misturas asfálticas de módulo elevado.

Na pesquisa, foi executado um trecho experimental de restauração com 16 km de extensão na rodovia EM-14, constituído de camada estrutural de mistura asfáltica de módulo elevado de 16cm de espessura. A partir da avaliação de características volumétricas e de propriedades mecânicas, foram definidas duas misturas de

agregados diferentes: uma com 2% de fíler calcário (mistura A) e outra com 5% de fíler calcário (mistura B), cada uma delas fabricada com três teores diferentes de ligante (4,8; 5,3; 5,8%).

Foram executados trechos experimentais aplicando dois níveis de compactação diferentes para cada uma das seis composições estudadas: N1 e N2, correspondentes a 30 passagens (20 com rolo de pneus e 10 com rolo de chapa) e 22 passagens (16 com rolo de pneus e 6 com rolo de chapa) do equipamento compactador, respectivamente.

Após a construção dos trechos experimentais, foram recolhidos corpos-de-prova cilíndricos e retangulares, de cada uma das doze composições volumétricas em análise, para a realização de estudo laboratorial das características de deformabilidade e da resistência à fadiga das misturas.

Foram realizados ensaios de flexão de cargas repetidas em corpos-de-prova prismáticos, ensaios em simulador de tráfego do tipo LCPC e ensaios de compressão uniaxial de cargas repetidas em corpos-de-prova cilíndricos. Além das amostras extraídas dos trechos experimentais, foram também ensaiadas amostras moldadas em laboratório.

A partir dos resultados obtidos, foram propostas modelos de previsão para as características de deformabilidade das misturas asfálticas de módulo elevado, em função das condições de solicitação, e dos parâmetros de composição das misturas. Em relação à resistência à fadiga e à deformação permanente, chegou-se a um conjunto de modelos que permitem estimar alguns indicadores de comportamento, para situações de solicitação previsíveis no território português. Estes parâmetros podem ser adotados para estabelecer critérios de dosagem e elaborar especificações técnicas relativas às misturas asfálticas de módulo elevado.

2.3.5. Experiência Polonesa

- BROSSEAUD et al, 2003

Na Polônia um estudo em conjunto entre o Laboratório de Estradas de *Poznan* e o LCPC avaliou a possibilidade de empregar a solução de restauração constituída de BBTM como camada de rolamento, sobre uma camada de EME (BROSSEAUD et al, 2003)

Durante os ensaios laboratoriais, foi avaliada uma mistura EME empregando um ligante com penetração a 25°C de 25×10^{-1} mm e ponto de amolecimento anel e bola de 58°C. A dosagem Marshall resultou em uma mistura com 5,3% de ligante e volume de vazios de 3,7%; a estabilidade e a fluênciá medidas a 60°C foram de 14kN e 4 mm, respectivamente. De posse da mistura projetada, foi executado um trecho experimental composto por 12cm de EME e 3cm de BBTM.

Os autores concluíram que estruturas de pavimento constituídas de camadas asfálticas com EME e BBTM como camada de rolamento pode resultar na modernização dos projetos de pavimentos novos e de reforços estruturais, proporcionando maior segurança e conforto aos usuários das rodovias.

2.3.6. Experiência Italiana

- MONTEPARA e TEBALDI (1999)

MONTEPARA e TEBALDI (1999) relatam os resultados de uma pesquisa que avaliou o desempenho de misturas asfálticas de módulo elevado para aplicação em rodovias italianas em substituição às camadas de base cimentada.

Foram preparadas quatro misturas moldadas com o compactador Marshall e com o compactador giratório, variando-se o teor de polímero SBS, sendo que nenhum dos ligantes adotados na pesquisa apresentou penetração dentro dos parâmetros

estabelecidos nas normas francesas para elaboração de misturas asfálticas de módulo elevado. Os valores de penetração variaram de 34 a 57×10^{-1} mm, temperatura anel e bola de 75,4 a 82,6°C e com viscosidade a 60°C de 1730 a 825 Pa.s. Os teores de betume foram da faixa de 4,1 e 4,8%.

As misturas foram executadas em trechos experimentais na pista sul da *Autostrada del Brennero A22*, com um tráfego médio diário correspondente à 21.374 veículos comerciais, no ano de 1997. A estrutura executada foi de 5cm de camada asfáltica de rolamento, 5,0 cm de camada asfáltica convencional, 18,0cm de base com mistura asfáltica de módulo elevado e uma manta de geotêxtil sobre uma sub-base de agregado bem graduado com 35cm.

As misturas preparadas com o compactador giratório apresentaram características mecânicas muito semelhantes das amostras extraídas do trecho experimental, diferentemente daquelas preparadas com o compactador Marshall.

Os autores concluíram que as misturas ensaiadas apresentaram uma resistência à fadiga três vezes maior do que as misturas convencionais por eles utilizadas.

2.3.7. Experiências Brasileiras

Até então no Brasil, foram desenvolvidas três pesquisas envolvendo misturas de alto módulos (EME). São elas:

- MAGALHÃES, 2004 – dissertação de mestrado desenvolvida na COPPE, Rio de Janeiro;
- FREITAS, 2007 – dissertação de mestrado desenvolvida na COPPE, Rio de Janeiro; e,
- ROHDE, 2007 – tese de doutorado desenvolvida na UFRGS.

- MAGALHÃES (2004)

MAGALHÃES (2004) comparou duas misturas asfálticas de módulo elevado com ligante modificado por EVA (AMP EVA) e um resíduo asfáltico de petróleo (RASF) e uma mistura com CAP 20, preparadas com agregado de natureza mineral granítica. As misturas preparadas com ligantes especiais apresentaram módulo de resiliência até três vezes maiores que a mistura convencional. A Tabela 2.6 apresenta os valores de módulo de resiliência (MR), resistência à tração (RT) e da relação MR/RT. A resistência à tração retida das misturas estudadas foi de 37% para o CAP 20, 39% para o RASF e 54% para o AMP EVA, inferiores aos 70% recomendados pelo método SUPERPAVETM, sendo necessária a adição de um melhorador de adesividade.

Tabela 2.6 - Características mecânicas das misturas estudadas por MAGALHÃES (2004)

Mistura	MR 25°C (MPa)	RT 25°C (MPa)	MR / RT
CAP 20	6603	1,58	4183
AMP EVA	10982	2,25	4874
RASF	16341	3,50	4676

O autor destaca ainda que as misturas asfálticas de módulo elevado preparadas com ligantes especiais apresentaram excelente comportamento à deformação permanente, com afundamentos na trilha de roda em simulador do tipo LCPC entre 3 e 4,5%. Com base em curvas de fadiga e em análises paramétricas, o autor conclui que a mistura preparada com RASF apresentou desempenho superior quando comparado com a mistura de AMP EVA, com relação à vida de fadiga para um N maior que 10^8 .

A partir de uma análise mecanística, MAGALHÃES (2004) concluiu que as misturas de módulo elevado atendem aos valores críticos de diferença de tensões quando aplicadas como camada de ligação apoiadas sobre camadas cimentadas com espessuras em torno de 100 a 120 mm, devido a redução das tensões de tração na fibra inferior das misturas de módulo elevado proporcionada pela camada cimentada. Sobre camadas granulares, de menor rigidez, por exemplo brita graduada, a espessura mínima de mistura de módulo elevado sugerida pelo autor é 15cm.

- FREITAS (2007)

FREITAS (2007) estudou a possibilidade do uso de uma escória de aciaria como agregado em misturas asfálticas de módulo elevado. A autora empregou uma única curva granulométrica, constituída por 97% de escória e 3% de cal, e três tipos de ligantes (CAP 30/45, Resíduo de Vácuo e CAP 30/45 com 4% de SASOBIT) para as misturas em estudo. Foram dosadas misturas de referência com a mesma granulometria sem uso de escória. Todas as misturas foram caracterizadas mecanicamente por meio de ensaios de módulo de resiliência, resistência à tração estática por compressão diametral, fadiga por compressão diametral à tensão controlada e compressão axial estática (*creep* estático). A Tabela 2.7 apresenta o MR e a RT obtidos pela pesquisadora para as misturas com escória e teor de ligante de projeto de 7% e com agregado convencional com teor de 5% de ligante.

Ligante asfáltico	Escória		Convencional	
	MR (MPa)	RT (MPa)	MR (MPa)	RT (MPa)
Resíduo de vácuo	8062	1,76	7121	1,62
CAP 30/45 + SASOBIT	9173	1,79	9080	1,89
CAP 30/45	8608	1,92	7082	1,68

A partir de resultados de estudos mecanísticos utilizando o programa computacional FEPAVE2, a autora concluiu que a utilização de misturas asfálticas de módulo elevado formuladas com escória de aciaria e CAP 30/45 + 4% de SASOBIT pode resultar em pavimentos com espessuras de camadas mais esbeltas. O desempenho mecânico das misturas com escória foi superior ao das misturas produzidas com agregado convencional, embora com teor ligeiramente maior de ligante.

- ROHDE (2007)

Com o objetivo caracterizar misturas asfálticas de módulo elevado, ROHDE (2007) desenvolveu sua tese empregando procedimentos laboratoriais e testes acelerados em escala real.

No estudo laboratorial foram desenvolvidas misturas de módulo elevado empregando os ligantes RASF, AMP EVA e também foi utilizado um CAP 30/45 modificado por 1,2% de ácido polifosfórico (PPA 30/45) no projeto de misturas de módulo elevado. Além destes ligantes, como referência, foi utilizado o CAP 50/70 puro.

Outra etapa foi dedicada ao projeto, execução e monitoramento de uma seção experimental com mistura asfáltica de módulo elevado submetida ao tráfego imposto pelo simulador linear UFRGS-DAER/RS.

Pelo fato de, naquela ocasião⁴, não serem produzidos em escala comercial ligantes asfálticos com as características necessárias para a formulação de EME (PEN a 25°C entre 10 e 20×10^{-1} mm e PA entre 60 e 85°C), esta pesquisa analisou materiais alternativos para garantir o desempenho esperado. No desenvolvimento do projeto da mistura asfáltica para a execução da pista experimental foram analisadas as seguintes possibilidades, considerando-se o emprego de materiais em disponibilidade no Estado do Rio Grande do Sul:

- Um CAP 50/70 modificado por 2% de ácido polifosfórico, modificado no Laboratório de Pavimentação da UFRGS, denominado PPA 50/70;
- Um ligante asfáltico modificado em escala laboratorial por asfaltita fornecido pela Petrobras Distribuidora S. A., denominado CAPPLUS 106B; e,
- Um resíduo asfáltico proveniente do beneficiamento do petróleo Árabe Leve em torre de vácuo, produzido na Refinaria Alberto Pasqualini, localizada na região metropolitana de Porto Alegre (Canoas/RS).

Para a dosagem da mistura asfáltica empregando o ligante modificado por ácido polifosfórico (PPA 50/70) a composição granulométrica foi avaliada, buscando minimizar a utilização de areia e cal hidratada. Foi constatada na pesquisa que, tendo em vista o desempenho esperado para misturas de módulo elevado, a presença de cal hidratada resultou na redução do efeito modificador proporcionado

⁴ Até o momento, o ligante consistente (ou com modificação para proporcionar seu endurecimento) não é produzido comercialmente no Brasil, mas há um grande potencial para sua utilização em grande escala.

pelo ácido polifosfórico, revelando valores de módulo de resiliência (MR) abaixo dos preconizados na literatura internacional ($MR > 10.000 \text{ MPa}$). Portanto, foi possível concluir que a utilização de ligante modificado por este tipo de aditivo não é adequada em misturas asfálticas contendo cal hidratada em sua composição. Neste sentido, as misturas modificadas com ligante PPA 50/70 não foram satisfatórias e, portanto, descartada sua utilização na execução da pista experimental.

A mistura asfáltica dosada com CAPPLUS 106B foi considerada a solução mais adequada para a execução da pista experimental. Embora os resultados alcançados pela mistura formulada com RV tenham sido superiores, a impossibilidade de fornecimento do ligante por parte da Refinaria levou ao abandono da alternativa.

A pista experimental projetada foi composta de dois subtrechos: um com 16cm de camada de rachão; 12cm de brita graduada simples; 12cm de EME e o outro mantiveram todas as camadas do pavimento da anterior alterando-se apenas a camada de EME para 8cm. Muito embora seja preconizada pela literatura técnica (BROUSSEAUD, 2002), uma mistura asfáltica delgada a quente como camada de rolamento, sobre a camada de módulo elevado (EME) foi executada uma camada de micro revestimento asfáltico a frio.

Durante o período de operação do simulador de tráfego, foram aplicados inicialmente 100.000 ciclos de carga de 100kN e pressão de inflação dos pneumáticos de 0,62MPa (90psi). Posteriormente, houve um incremento do carregamento e da pressão de inflação dos pneumáticos para 120kN e 0,69MPa (100psi), respectivamente. O emprego de carregamento superior ao especificado para o eixo padrão (82kN) objetivou acelerar a degradação da seção de teste.

Após análises estruturais efetuadas por meio de avaliações deflectométricas com viga Benkelman (VBK) e *Falling Weight Deflectometer* (FWD), foi selecionada a região da trilha de roda externa do subtrechos constituído de 8cm de EME para os ensaios acelerados. A escolha deste local ocorreu por ser a região de melhor condição estrutural dentre todas a área da pista experimental.

Durante o período de operação do simulador de tráfego, foi monitorada a evolução da degradação do pavimento da pista experimental com 80mm de EME em função das solicitações de carregamento impostas e a variação de parâmetros ambientais como temperatura do ar e precipitações pluviométricas.

Apesar de as deformações máximas terem atingido 8mm no final do experimento, conclui-se que as misturas modificadas para a formulação de EME têm melhor desempenho que a mistura de referência adotada (CAP 50/70 puro). O concreto asfáltico formulado com RV apresentou as características adequadas ao emprego como mistura de módulo elevado. A modificação do CAP 50/70 empregando ácido polifosfórico (PPA) reduz a penetração e eleva o ponto de amolecimento do ligante, permitindo a formulação de material adequado à utilização em misturas de módulo elevado.

Ao final ROHDE (2007) cita que a execução de misturas asfálticas de módulo elevado em camadas estruturais de pavimentos poderá contribuir para o aumento da vida útil das rodovias.

3. TRECHO EXPERIMENTAL CONSTRUÍDO NA RODOVIA PRESIDENTE DUTRA

Graças ao Recurso para Desenvolvimento Tecnológico (RDT) da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), foi possível a viabilização da execução do primeiro trecho nacional em rodovia submetido a tráfego pesado e intenso.

3.1. LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS GERAIS DA REGIÃO

O trecho experimental localiza-se na Rodovia Presidente Dutra, entre os quilômetros 171 e 170 (sentido Rio de Janeiro) no município de Jacareí (coordenada geográfica: latitude - 23°18'10" sul e longitude - 45°17'31" oeste), na região do Vale do rio Paraíba do Sul, conforme ilustrado na Figura 3.1.

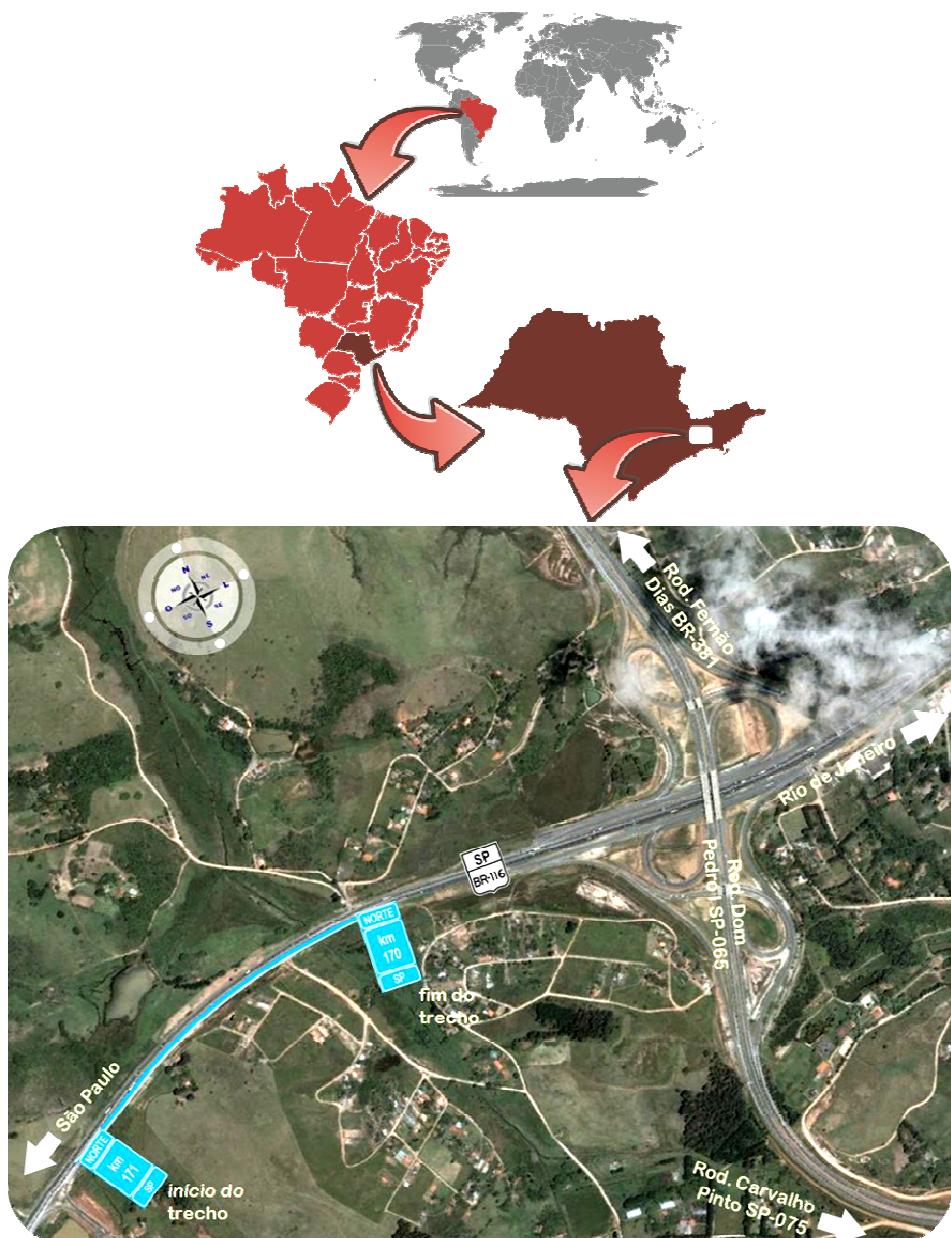


Figura 3.1 – Localização do Trecho Experimental
(imagem extraída do *Google Earth*)

3.2. CLIMA E TRÁFEGO ATUANTES NA REGIÃO

3.2.1. Clima Atuante na Região

O trecho experimental está compreendido entre duas estações meteorológicas. São elas:

- Estação Climatológica de Guarulhos: aberta em 1943, latitude - 23°25'48.00"S, longitude - 46°28'12.00"O e altitude 577m, localizada a 44,5km do início do trecho experimental.
- Estação Climatológica de Taubaté: aberta em 1983, latitude - 23° 1'48.00"S, longitude 45°33'0.00"O e altitude 735m, localizada a 60,5km do final do trecho experimental.

Por se encontrar mais próxima, adotaram-se como representativos da região do trecho experimental os valores climatológicos extraídos da Estação de Guarulhos. O período analisado foi de janeiro a dezembro de 2009. Os valores das temperaturas e das precipitações pluviais mensais podem ser observados na Tabela 3.1 e na Figura 3.2.

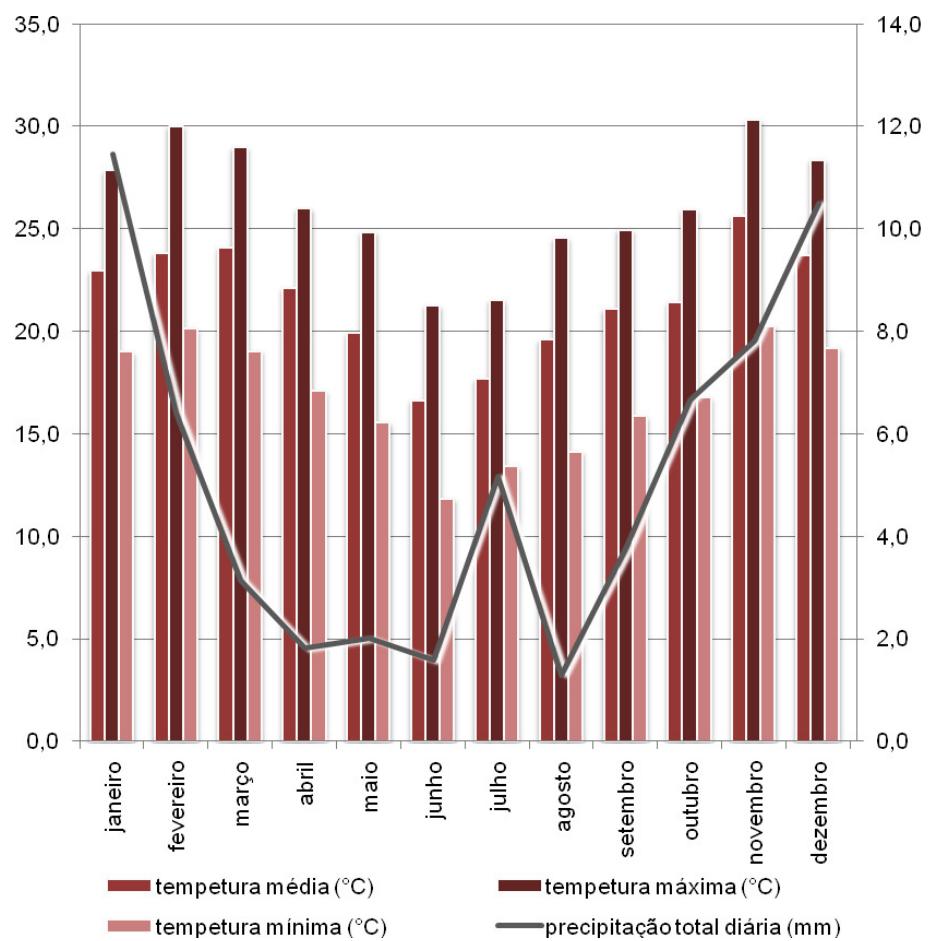
De acordo com a classificação climática proposta por KÖPPEN (1931) o clima da região do município de Jacareí é do tipo Cwa. A classificação Cwa corresponde ao clima temperado chuvoso (mesotérmico) com inverno seco e verão chuvoso; e subtropical, com inverno seco e temperatura do mês mais quente superior a 22°C.

O clima da região que compreende o trecho experimental apresenta duas estações bem definidas: uma compreendida de setembro a março, com temperaturas mais elevadas e maiores precipitações pluviométricas, e outra de abril a agosto, mais fria e com menor presença de chuvas. É importante observar que o ano de 2009 foi atípico, sendo observada uma concentração de chuva no mês de junho maior que nos demais meses entre maio e agosto.

A temperatura média anual correspondeu a 21,5°C, variando de 16,6°C em junho a 25,6°C em novembro. O total de precipitação em 2009 atingiu 61,5mm, enquanto a maior e a menor precipitação mensal estabeleceram os valores de 11,5mm em janeiro e 1,3mm em agosto, respectivamente.

Tabela 3.1 – Dados climatológicos da Estação de Guarulhos

Mês	Temperatura (°C)			Precipitação (mm)
	Média	Máxima	Mínima	
janeiro	22,9	27,8	19,0	11,5
fevereiro	23,8	30,0	20,1	6,4
março	24,1	29,0	19,0	3,1
abril	22,1	26,0	17,1	1,8
maio	19,9	24,8	15,5	2,0
junho	16,6	21,2	11,8	1,6
julho	17,7	21,5	13,4	5,2
agosto	19,6	24,5	14,1	1,3
setembro	21,1	24,9	15,8	3,7
outubro	21,4	25,9	16,8	6,7
novembro	25,6	30,3	20,3	7,8
dezembro	23,7	28,4	19,2	10,5
Total				61,5
Média	21,5	26,2	16,8	5,1
Desvio-padrão	2,7	3,0	2,8	3,5
Coeficiente de variação	13%	11%	16%	68%

**Figura 3.2 – Dados climatológicos da Estação de Guarulhos**

3.2.2. Tráfego Atuante na Região do Trecho Experimental

A partir do estudo de tráfego contido no relatório técnico da Concessionária NovaDutra (Grupo CCR, 2009), foi possível a extração dos dados descritos resumidamente na Tabela 3.2 a seguir.

Tabela 3.2 – Dados de tráfego

Taxa de Crescimento (%)	TMDA_{COM}	Fator de Veículo		
		AASHTO	USACE	
3%	8328	2,6		9,2
Ano	TMDA_{COM} Acum.	Número "N" AASHTO	Número "N" USACE	
AE	2009	8328	7,90E+06	- 2,79E+07 -
1	2010	8578	8,14E+06	8,14E+06 2,88E+07 2,88E+07
2	2011	8835	8,38E+06	1,65E+07 2,96E+07 5,84E+07
3	2012	9100	8,64E+06	2,52E+07 3,05E+07 8,90E+07
4	2013	9373	8,89E+06	3,41E+07 3,14E+07 1,20E+08
5	2014	9654	9,16E+06	4,32E+07 3,24E+07 1,53E+08
6	2015	9944	9,44E+06	5,27E+07 3,34E+07 1,86E+08
7	2016	10242	9,72E+06	6,24E+07 3,44E+07 2,21E+08
8	2017	10550	1,00E+07	7,24E+07 3,54E+07 2,56E+08

Segundo os dados de tráfego da Tabela 3.2 o número de eixos padrão de 8,2tf (N) para um período de projeto de 8 anos representa, para o Fator de Veículo AASHTO $7,42 \times 10^7$ e para o Fator de Veículo USACE $2,56 \times 10^8$.

3.3. INVESTIGAÇÕES NA REGIÃO DO TRECHO EXPERIMENTAL

3.3.1. Estaqueamento Georreferenciado

Com intuito de proporcionar o re-estaqueamento futuro no atual posicionamento e consequentemente possibilitar a repetibilidade dos levantamentos com acurácia, todas as estacas foram georreferenciadas. A correlação do georreferenciamento com o atual estaqueamento encontra-se apresentada na Tabela 3.3 abaixo.

Tabela 3.3 – Correspondência entre estaca, marco quilométrico e georreferenciamento

Estaca	Marco Quilométrico	Georreferenciamento			
		Latitude		Longitude	
171+000	km 171	23° 18'	39,10" S	46° 03'	40,66" O
170+980		23° 18'	38,69" S	46° 03'	40,11" O
170+960		23° 18'	38,27" S	46° 03'	39,57" O
170+940		23° 18'	37,90" S	46° 03'	39,00" O
170+920		23° 18'	37,48" S	46° 03'	38,45" O
170+900		23° 18'	37,11" S	46° 03'	37,88" O
170+880		23° 18'	36,73" S	46° 03'	37,31" O
170+860		23° 18'	36,36" S	46° 03'	36,73" O
170+840		23° 18'	35,91" S	46° 03'	36,21" O
170+820		23° 18'	35,62" S	46° 03'	35,57" O
170+800		23° 18'	35,28" S	46° 03'	37,96" O
170+780		23° 18'	34,92" S	46° 03'	34,39" O
170+760		23° 18'	34,61" S	46° 03'	33,77" O
170+740		23° 18'	34,27" S	46° 03'	33,17" O
170+720		23° 18'	33,91" S	46° 03'	32,58" O
170+700		23° 18'	33,58" S	46° 03'	31,97" O
170+680		23° 18'	33,31" S	46° 03'	31,32" O
170+660		23° 18'	33,00" S	46° 03'	30,71" O
170+640		23° 18'	32,66" S	46° 03'	30,11" O
170+620		23° 18'	32,39" S	46° 03'	29,46" O
170+600		23° 18'	32,13" S	46° 03'	28,81" O
170+580		23° 18'	31,84" S	46° 03'	28,17" O
170+560		23° 18'	31,57" S	46° 03'	27,54" O
170+540		23° 18'	31,32" S	46° 03'	26,88" O
170+520		23° 18'	31,07" S	46° 03'	26,23" O
170+500		23° 18'	30,86" S	46° 03'	25,60" O
170+480		23° 18'	30,62" S	46° 03'	24,91" O
170+460		23° 18'	30,41" S	46° 03'	24,24" O
170+440		23° 18'	30,17" S	46° 03'	23,58" O
170+420		23° 18'	29,97" S	46° 03'	22,91" O
170+400		23° 18'	29,76" S	46° 03'	22,24" O
170+380		23° 18'	29,61" S	46° 03'	21,56" O
170+360		23° 18'	29,42" S	46° 03'	20,88" O
170+340		23° 18'	29,23" S	46° 03'	20,21" O
170+320		23° 18'	29,12" S	46° 03'	19,51" O
170+300		23° 18'	28,92" S	46° 03'	18,84" O
170+280		23° 18'	28,76" S	46° 03'	18,15" O
170+260		23° 18'	28,64" S	46° 03'	17,46" O
170+240		23° 18'	28,49" S	46° 03'	16,77" O
170+220		23° 18'	28,35" S	46° 03'	16,08" O
170+200		23° 18'	28,24" S	46° 03'	15,39" O
170+180		23° 18'	28,12" S	46° 03'	14,69" O
170+160		23° 18'	27,99" S	46° 03'	14,01" O
170+140		23° 18'	27,92" S	46° 03'	13,30" O
170+120		23° 18'	27,82" S	46° 03'	12,61" O
170+100		23° 18'	27,80" S	46° 03'	11,90" O
170+080		23° 18'	27,73" S	46° 03'	11,20" O
170+060		23° 18'	27,69" S	46° 03'	10,49" O
170+040		23° 18'	27,64" S	46° 03'	09,79" O
170+020	km 170	23° 18'	27,60" S	46° 03'	09,08" O

3.3.2. Avaliação do Pavimento Anterior à Execução do Trecho Experimental

3.3.2.1. Levantamento deflectométrico

Para a avaliação das características estruturais (deformabilidade elástica) dos pavimentos, foi utilizado o equipamento do tipo *Falling Weight Deflectometer* (FWD) constituído por um deflectômetro de impacto projetado para simular o efeito de cargas de roda em movimento. Este efeito é obtido pela queda de um peso, a partir de alturas pré-fixadas, sobre um sistema de amortecedores de borracha, que transmitem a força aplicada a uma placa circular apoiada no pavimento.

3.3.2.2. Sondagens e ensaios

Para efeito de avaliação das condições das camadas do pavimento foram efetuadas prospecções dos seguintes tipos:

- Abertura de seis poços de inspeção;
- Extração de dezoito testemunhos por sondagem rotativa.

Em cada caso, inspeções *in loco* das condições das camadas executadas foram efetuadas, assim como ensaios laboratoriais, conforme é descrito a seguir:

- Abertura de Poços de Inspeção

Poços de sondagem foram efetuados em seis locais, na trilha de roda externa da faixa de tráfego mais solicitada, conforme relação apresentada na Tabela 3.4. Nesta Tabela também se relacionam as espessuras das camadas do pavimento conforme medidas de cada poço de inspeção

Tabela 3.4 – Localização dos Poços de Inspeção

Estaca	Investigação	Espessura dos Materiais Encontrados no Pavimento Anterior a Intervenção (cm)				
		Material Betuminoso	BGS	Cascalho	Areia	Argila
170+940	Poço de Inspeção P01	27	7	15	34	69
170+780	Poço de Inspeção P02	35	26			89
170+600	Poço de Inspeção P03	30		36		64
170+420	Poço de Inspeção P04	30		40		60
170+260	Poço de Inspeção P05	24	13	33		55
170+120	Poço de Inspeção P06	26	10	40		54

Nota: Os estakeamentos das investigações executadas foram georreferenciados, conforme Tabela 3.3

Os aspectos principais de campo anotados foram os seguintes:

- Subleito: em argila com aparência firme e estável. Indícios de umidade, sem comprometimento da sua resistência, nos poços P01, P02, P03 e P06; com capacidade de suporte superior a 5% e expansão inferior a 1,4%. Os poços P04 e P05 apresentam maior incidência de umidade, com capacidade de suporte igual a 4% e expansão superior a 2,9%. O poço P04 encontra-se localizado na região de corte e o poço P05 encontra-se em um ponto baixo. Ambos sendo evidenciados por uma superfície muito deteriorada e, no caso do poço P04, pela alta concentração de água na região de sarjeta. As Figuras 3.3 e 3.4 representam tais situações.



Figura 3.3 – Estaca 170+420: Grau de trincamento da superfície do pavimento



Figura 3.4 – Estaca 170+260: Grau de trincamento de superfície do pavimento e deficiência do dispositivo de drenagem

- Sub-base: em cascalho com aparência úmida, de modo geral, porém íntegra e estável em todos os poços.
- Base: em brita graduada simples (BGS) aparentando contaminada com material da camada de sub-base; aparentando certa umidade devido à infiltração de água pelas trincas da superfície. Tal situação pode ser observada, por exemplo, nas Figuras 3.5 e 3.6 do Poço de Inspeção P03.

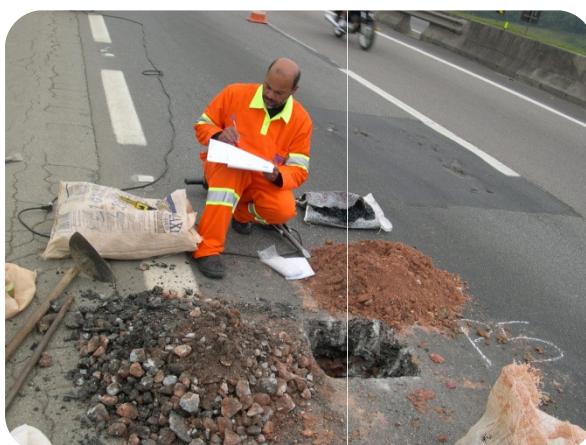


Figura 3.5 – Estaca 170+260: Poço de Inspeção P05 e matérias extraídos

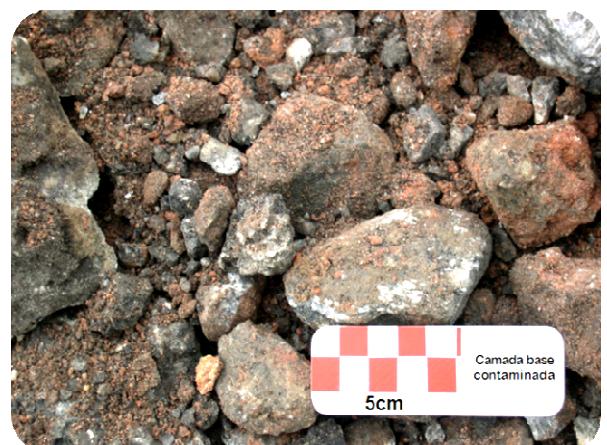


Figura 3.6 – Estaca 170+260: detalhe da camada de base contaminada

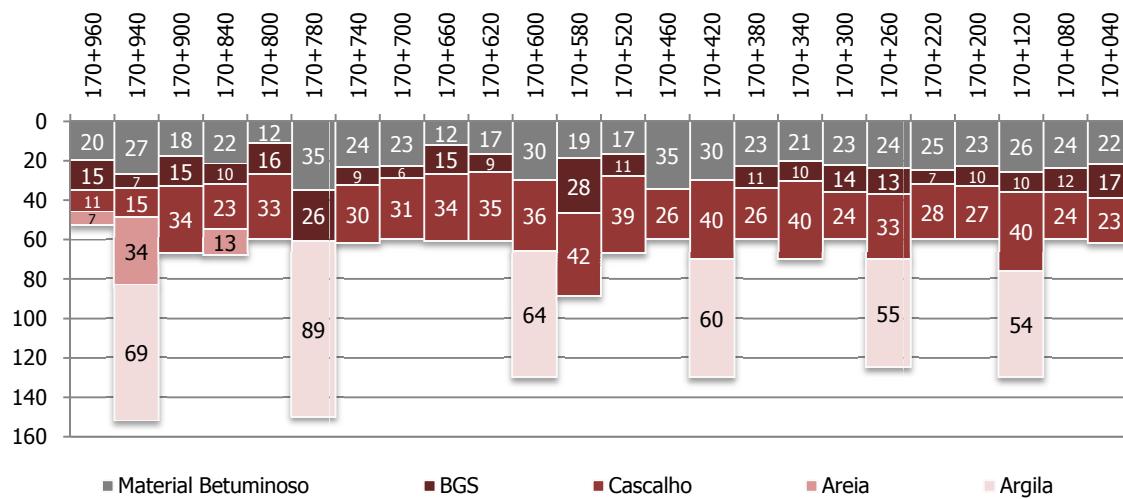
Foram sacados das camadas do pavimento dezoito testemunhos extraídos por sondagem rotativa, na trilha de roda externa da faixa de rolamento de veículos pesados, conforme relacionados na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 – Localização das Sondagens Rotativas

Estaca	Investigação		Espessura dos Materiais Encontrados no Pavimento Anterior a Intervenção (cm)			
			Material Betuminoso	BGS	Cascalho	Areia
170+960	Sondagem Rotativa	R01	20	15	11	7
170+900	Sondagem Rotativa	R02	18	15	34	
170+840	Sondagem Rotativa	R03	21,6	10,4	23	13
170+800	Sondagem Rotativa	R04	11,5	15,5	33	
170+740	Sondagem Rotativa	R05	23,5	9	29,5	
170+700	Sondagem Rotativa	R06	23	6	31	
170+660	Sondagem Rotativa	R07	12	15	34	
170+620	Sondagem Rotativa	R08	17	9	35	
170+580	Sondagem Rotativa	R09	19	28	42	
170+520	Sondagem Rotativa	R10	17	11	39	
170+460	Sondagem Rotativa	R11	34,5		25,5	
170+380	Sondagem Rotativa	R12	23	11	26	
170+340	Sondagem Rotativa	R13	20,5	10	39,5	
170+300	Sondagem Rotativa	R14	22,5	13,5	24	
170+220	Sondagem Rotativa	R15	25	7	28	
170+200	Sondagem Rotativa	R16	23	10	27	
170+080	Sondagem Rotativa	R17	24	12	24	
170+040	Sondagem Rotativa	R18	22	17	23	

Nota: Os estakeamentos das investigações executadas foram georreferenciados, conforme Tabela 3.3

As investigações detectaram estruturas com variações de espessura nas camadas denotando heterogeneidade na estrutura. Estas sondagens são apresentadas resumidamente na Figura 3.7.

**Figura 3.7 – Perfil longitudinal com a estrutura do pavimento no local do trecho experimental**

A maioria dos solos ocorrentes é do tipo argiloso (A-7-6), para os poços P02, P03, P04 e P05; e argilo-siltoso (A-6), para os poços P01 e P06.

Os valores da capacidade de suporte do subleito indicaram muita variação não apresentando nenhuma relação com a classificação do tipo de solo indicado anteriormente. Nos poços P01, P02, P03 e P06; é apresentada capacidade de suporte superior a 5% e expansão inferior a 1,4%. Os poços P04 e P05 apresentam capacidade de suporte igual a 4% e expansão superior a 2,9%.

3.3.2.3. Levantamento visual detalhado (LVD)

O Levantamento Visual Detalhado (LVD) de pavimento foi realizado com o objetivo de mapear os defeitos de pavimento que necessitam de intervenção de recuperação, assim como a sua solução. Para tanto, foram seguidas as terminologias de defeitos de pavimento conforme a norma DNIT 005/2003 TER (DNIT, 2003a), com exceção da abreviação B, designando a presença de regiões da superfície do pavimento com ocorrência de bombeamento de finos. Os levantamentos tiveram por base as normas DNIT 006/2003 PRO (DNIT, 2003b) e DNIT 007/2003 PRO (DNIT, 2003c).

O trecho apresenta-se com 57% de sua superfície de faixa de rolamento deteriorada, sendo que a maior parte desta distribuição de percentual de área degradada encontra-se na faixa de tráfego que recebe praticamente sua totalidade de veículos comerciais (Faixa 2, com 82% de sua área deteriorada). Estes valores da distribuição percentual de áreas degradadas por faixa de tráfego são demonstrados na Tabela 3.6.

Tabela 3.6 - Condição Geral da Superfície do Pavimento

km		Extensão (m)	Pista de Rolamento				Acostamento	
			Faixa de Rolamento		Faixa 2			
Inicial	Final		Área (m ²)	%	Área (m ²)	%	Área (m ²)	%
171+000	170+800	200	179,5	25%	445,5	62%	190	38%
170+800	170+600	200	432	60%	634,5	88%	137,5	28%
170+600	170+400	200	252	35%	684	95%	425	85%
170+400	170+200	200	252	35%	702	98%	270	54%
170+200	170+020	180	0	0%	414	64%	110	24%
Total		980	1115,5		2880		1132,5	
Percentual (Faixa 1, Faixa 2 e Acostamento)			32%		82%		46%	
Percentual (Faixa de Rolamento e Acostamento)								

Notas:

Faixa 1 = Faixa de veículos rápidos, predominantemente leves
 Faixa 2 = Faixa de veículos lentos, predominantemente pesados

No local onde foi executado o trecho experimental, os principais defeitos apresentados foram trincamentos interligados, tipo *couro de jacaré* com erosão de bordos (FC-3); trincamentos com bombeamentos de finos e deformação permanente na transição entre pista de rolamento e acostamento, local onde há frequente passagem dos veículos pesados cuja solicitação propiciou a formação de trilhas de roda muito severas da ordem de 15 a 50 mm. Além destes defeitos, foram identificados diversos remendos sobrepostos, denotando reincidências intervenções de conservação que não são suficientes para suportar a solicitação das cargas repetidas dos veículos comerciais imposta na estrutura de pavimento.

A seguir, são apresentadas figuras (Figura 3.8, Figura 3.9, Figura 3.10 e Figura 3.11) que descrevem esses defeitos típicos encontrados no local do trecho experimental.



Figura 3.8 – Trincamento típico da superfície do pavimento FC-3



Figura 3.9 – Trincamento típico da superfície do pavimento com bombeamento de finos



Figura 3.10– Acentuado afundamento de trilha de roda típico



Figura 3.11 – Remendos reincidentes na superfície do pavimento

O trincamento apresentado na superfície do pavimento facilita a infiltração de água acelerando seu processo de deterioração uma vez que a água da chuva pode provocar a queda da capacidade estrutural das camadas subjacentes. Como consequência, a estrutura ao ser solicitada pelo tráfego sofre maiores deslocamentos, provocando maiores danos estruturais e de superfície. Tal situação associada à deficiência do dreno longitudinal executado em intervenções anteriores são os causadores da saturação das camadas do pavimento e principalmente do subleito. É possível verificar, nas Figuras 3.12 e 3.13, o estágio de saturação em que se encontrava o subleito quando da implantação do dreno longitudinal, em 2008 na região entre os km 172 e 171 (PN/SP).



**Figura 3.12 – Topo do subleito saturado
Perfil longitudinal da Faixa 2**



**Figura 3.13 – Topo do subleito saturado
Perfil longitudinal do Acostamento**

Diante da descrição exposta, constata-se que o trecho encontra-se com insuficiência estrutural e que nenhum reforço estrutural será durável sem um sistema de drenagem eficiente.

3.4. DEFINIÇÃO DO TRECHO EXPERIMENTAL

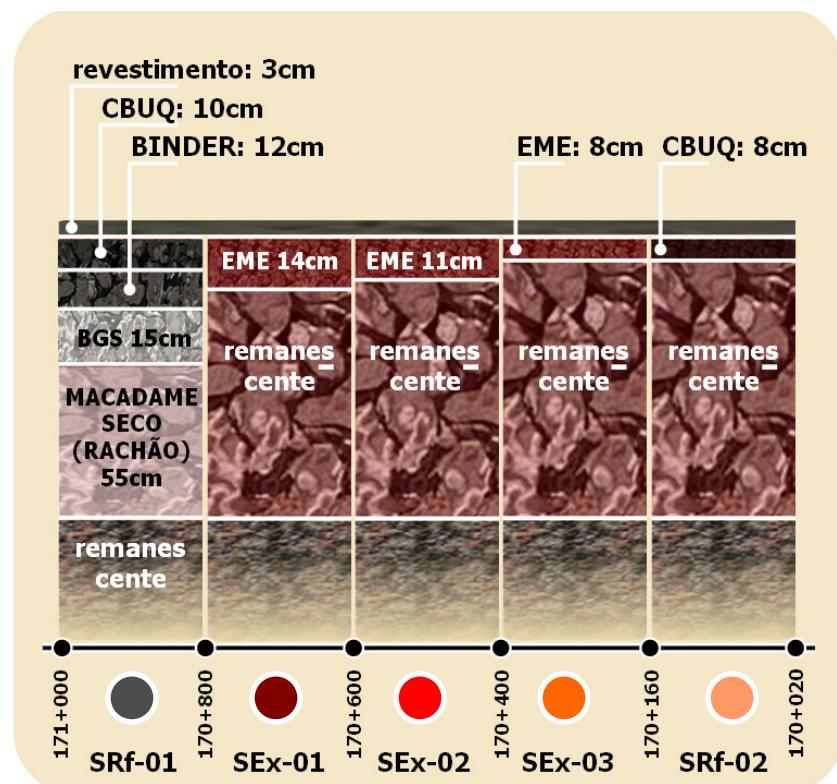
O Trecho Experimental é constituído de cinco Seções, duas de referência e três experimentais, a saber:

- Primeira Seção de Referência (SRf-01): seção de reconstrução;
- Primeira Seção Experimental (SEx-01): seção de 14cm de camada de EME;
- Segunda Seção Experimental (SEx-02): seção de 11cm de camada de EME;
- Terceira Seção Experimental (SEx-03): seção de 8cm de camada de EME; e,
- Segunda Seção de Referência (SRf-02): seção de 8cm de camada de CAP 30-45 convencional.

A Tabela 3.7 e a Figura 3.14 apresentam o local onde foi executada cada Seção do Trecho Experimental.

Tabela 3.7 – Constituição geral do trecho experimental

km	Início	Extensão	Largura	Intervenção
km	Final	(m)	(m)	
171+000	170+800	200	4,0	Reconstrução
170+800	170+600	200	4,0	EME - 14cm
170+600	170+400	200	4,0	EME - 11cm
170+400	170+160	240	4,0	EME - 8cm
170+160	170+020	140	4,0	CAP 30-45 - 8cm

**Figura 3.14 – Localização de cada Seção do Trecho Experimental**(imagem extraída do *Google Earth*)

Em anexo, é apresentado o unifilar do Trecho Experimental.

4. ESTUDOS PARAMÉTRICOS

4.1. ESTUDOS PARAMÉTRICOS ANTECEDENTES

Alguns autores defiram modelos advindos de estudos paramétricos. Estes estudos paramétricos possibilitam obter rapidamente a resposta mecânica da estrutura de pavimento em análise e também predizer a influência das variáveis intervenientes nos modelos e seus graus de responsabilidades ante as demais.

É apresentada a seguir a Tabela 4.1 que sintetiza o histórico dos parâmetros investigados nos estudos paramétricos desenvolvidos por diversos autores e instituições. Destacam-se as pesquisas desenvolvidas pela Escola Politécnica da USP (SUZUKI, 1992; NAGAO, 2001 e VILLELA et al, 2009), instituição onde grande parte desses estudos foi elaborada e também a iniciativa da Prefeitura de São Paulo (PMS, 2002) com o pioneirismo em preconizar em suas Instruções de Projeto tais modelos.

No item 4.2 são apresentados os estudos paramétricos investigados por VILLELA et al (2009) de forma detalha. Tais estudos foram elaborados especialmente para o desenvolvimento desta tese.

Tabela 4.1 – Parâmetros investigados nos estudos paramétricos antecedentes

Tipo de estrutura de pav.	Parâmetros analisados (variável dependente)		Parâmetros intervenientes (variável independente)	Instituiçāo	Fonte
	Indicadores estruturais	Indicadores de curvatura			
Flexível	ϵ_{tCBUQ}	-	$e_{CBUQ}; e_{BGTC}; e_{BGS}; MR_{subleito}; Q_{ESRD}$	PMS	PMSP (2002)
	D_0	R; R/D0; RxD0	$\epsilon_t; \epsilon_v; MR_{subleito}; SN; D_{120}; (D_0-D_{25})$	USP	NAGAO (2001)
Semi-rígido	$\sigma_{tBGTC}; D_0$	-	$e_{CBUQ}; e_{BGTC}; e_{BGS}; MR_{CBUQ}; MR_{BGTC}; MR_{subleito}; Q_{ESRD}$	PMS	PMSP (2002)
	σ_{tBGTC}	-	$e_{CBUQ}; e_{BGTC}; e_{BGS}; MR_{CBUQ}; MR_{BGTC}; MR_{BGS}; MR_{subleito}$	USP	SUZUKI (2001)
Invertido	$\epsilon_{tCBUQ}; \sigma_{tBGTC}$	-	$e_{CBUQ}; e_{BGTC}; e_{BGS}; MR_{CBUQ}; MR_{BGTC}; MR_{subleito}$	PMS	PMSP (2002)
	$D_0; \epsilon_{tCBUQ}; \sigma_{tBGTC}; \epsilon_{vsbleito}$	-	$e_{CBUQ}; e_{BGS}; e_{BGTC}; MR_{CBUQ}; MR_{BGS}; MR_{BGTC}; MR_{subleito}$	USP	SUZUKI (2001)
PPT	$D_0; D_{300}; D_{600}; D_{900}; \sigma_{vsbleito}; \epsilon_{tSMA}; \epsilon_{tmóduloelevado}; \epsilon_{tCAMod}$ if	-	$e_{SMA}; e_{módulo elevado}; e_{CAModif}; MR_{SMA}; MR_{módulo elevado}; MR_{CAModif}; MR_{subleito}$	USP	RODOLFO e BALBO (2004)
EME	$D_0; \epsilon_{tEME}; \sigma_{tEME}; \epsilon_{vREM}; S; R \times D_0; D_0-D_{300}$	$S; R; R \times D_0; D_0-D_{300}$	$e_{REV}; e_{EME}; MR_{REV}; MR_{EME}; MR_{REM}; Q$	USP / Grupo CCR	VILLELA et al (2009)

Notas:

 $pav.$ = Pavimento D_0 = Deflexão máxima, em 10^{-2}mm D_{250} = Deflexão a 250mm do ponto de aplicação da carga, em 10^{-2}mm D_{1200} = Deflexão a 1200mm do ponto de aplicação da carga, em 10^{-2}mm R = Raio de curvatura da bacia deflectométrica, em m σ_{trev} = Deformação específica máxima de tração na fibra inferior da camada do revestimento $\epsilon_{vsbleito}$ = Deformação vertical máxima de compressão no topo do subleito $MR_{subleito}$ = Módulo de resiliência do subleito SN = Número estrutural SNC = Número estrutural corrigido PMS = Prefeitura Municipal de São Paulo IP = Instrução de Projeto PPT = *perpetuum pavement* (pavimento perpétuo)
estrutura de pavimento de concepção norte-americana EME = *enrobé à module élevé* (mistura asfáltica de módulo elevado),
estrutura de pavimento de concepção francesa

4.2. ESTUDOS PARAMÉTRICOS PARA ESTRUTURAS DE PAVIMENTO RESTAURADAS COM CAMADA DE BASE EM EME

4.2.1. Dimensionamento de Estruturas de Restauração de Pavimentos

Os pavimentos flexíveis são estruturas multicamadas com a finalidade de suportar esforços de uma combinação entre a ação das cargas do tráfego e os efeitos do clima com variações de temperatura e umidade ao longo do tempo. (YODER e WITCZAC, 1975; HASS e HUDSON, 1978; MEDINA e MOTTA, 2005). Os principais defeitos que ocorrem em estruturas flexíveis se refletem no revestimento asfáltico e permitem identificar dois modos distintos de solicitação mecânica nesta camada: [i] flexão, proveniente das ações repetidas do carregamento, responsável pela fadiga da camada asfáltica; e [ii] compressão simples, que conduz ao acúmulo de deformações permanentes (formação de trilha de roda).

Para a elaboração do dimensionamento de uma estrutura de pavimento asfáltico, de modo geral, deve-se compreender como ela atinge sua condição de ruína. Tal análise tem como princípio a adoção de cálculos das tensões e deformações, por meio da Teoria da Elasticidade, usando programas computacionais para facilidade e rapidez de cálculos, a partir da representação numérica de um sistema de camadas elásticas com seus respectivos valores de módulo de resiliência (MR) e coeficiente de Poisson (μ).

Quanto às respostas de solicitações mecânicas envolvidas nas estruturas, cada tipo de material se comporta de maneira diferenciada em função de seus materiais constituintes (HUANG, 2004):

- para subleitos ou camadas granulares são calculadas as deformações verticais (ϵ_v) no topo da camada;
- para camadas asfálticas são avaliadas as deformações de tração na sua fibra inferior (ϵ_t) e os deslocamentos plásticos que levam a deformações permanentes;

- para camadas estabilizadas quimicamente com aglomerantes hidráulicos, limitam-se as tensões de tração na sua fibra inferior (σ_t).

Utilizar um critério de ruína, a partir de modelos preconizados, não significa simplesmente a ação de verificar determinado atendimento a valores admissíveis, mas entender para qual nível de ruína cada modelo foi concebido e estabelecer a partir de que intensidade de defeito a estrutura atingirá seu término de vida de serviço.

4.2.2. Análise Estrutural

A análise e verificação dos comportamentos estrutural e deflectométrico do pavimento partiu do estudo paramétrico conjugado de um fatorial envolvendo simulações de estruturas, assentes a um substrato remanescente (que, portanto, sofreu ações do tráfego ao longo de sua vida de serviço), compostas de camada de base em mistura asfáltica de módulo elevado (EME). O revestimento do pavimento é constituído por uma camada de rolamento de mistura asfáltica, geralmente delgada, com atribuição funcional. A Figura 4.1 representa esquematicamente a estrutura tipo proposta.

Para a identificação do comportamento estrutural do pavimento frente às diversas simulações de carregamento foi utilizado o programa computacional de camadas elásticas ELSYM-5, na versão FHWA (KOPPERMAN et al, 1986) que permite determinar as deflexões, tensões e deformações, em qualquer ponto da estrutura, sob ação de várias cargas. Neste estudo, as simulações de carregamento foram baseadas em dois equipamentos utilizados para finalidade de avaliação estrutural: *Falling Weight Deflectometer* (FWD) e viga Benkelman (VBK). Para a VBK adotaram-se dois carregamentos distintos no eixo simples de roda dupla (ESRD): 82kN e 130kN. No ESRD simulado, foram utilizadas duas cargas por roda dupla, espaçadas de 340 mm, sendo o número de cargas aplicadas caracterizada por quatro esforços verticais de 20,5kN (ou de 32,5kN, conforme o caso) dispostos geometricamente a partir das coordenadas, em mm: (0; 0), (340; 0), (1810;0) e (2150;0). Os demais

parâmetros considerados para o plano fatorial de modelagem estão apresentados na Tabela 4.2. Tal plano fatorial resultou em 3456 interações das variáveis independentes.

Na presente pesquisa, procurou-se estabelecer como variáveis, as respostas apenas dos valores máximos dos indicadores estruturais a seguir relacionados, nos respectivos pontos críticos de interesse:

- Deflexão máxima (D_0) na superfície do pavimento;
- Deformação específica máxima de tração (ϵ_t) na fibra inferior da camada de EME para avaliação da fadiga;
- Tensão específica máxima de tração (σ_t) na fibra inferior da camada de EME;
- Deformação vertical máxima de compressão (ϵ_v) no topo da camada remanescente.

Não estão sendo considerados os afundamentos por deformação permanente nas camadas asfálticas como parâmetro de dano.

Considerando que o valor da deflexão máxima D_0 , quando analisado isoladamente, pode não ser suficiente para a avaliação estrutural do pavimento, procurou-se também utilizar outros métodos complementares, baseados nas características da linha de deformação elástica da estrutura, quando submetida à ação de um carregamento. Assim sendo, considerou-se além da magnitude das deflexões, os seguintes parâmetros de análise como variáveis dependentes no estudo: Parâmetro Área "S" (AASHTO, 1993); Raio de Curvatura "R" (DNER,1994a); produto entre o Raio e a Deflexão Máxima "R x D_0 " e Índice de Curvatura da Superfície "SCI" (WSDOT, 1995; KIM et al, 2000).

Para o cálculo do Raio de Curvatura "R", no Brasil é adotada a forma parabólica para representar a curvatura da bacia. Tal processo é preconizado pela norma DNER-ME 24/94 (DNER,1994a). A expressão matemática para o cálculo de "R" é apresentada a seguir:

$$R = \frac{x^2}{20(D_0 - D_x)} \quad (\text{equação 4.1})$$

Na equação 4.1,

R é o Raio de Curvatura, (m);

x é a distância radial do ponto de aplicação da carga, (mm);

D_0 é a deflexão no ponto de aplicação da carga, (10^{-2} mm);

D_x é a deflexão à distância radial correspondente a x (mm) do ponto de aplicação da carga. No Brasil, é muito comum a adoção de uma distância radial a 250mm do ponto de aplicação da carga, (10^{-2} mm).

O Parâmetro Área “S” da bacia de deformação foi calculado a partir da expressão apresentada a seguir, segundo as recomendações do Guia da AASHTO (1993).

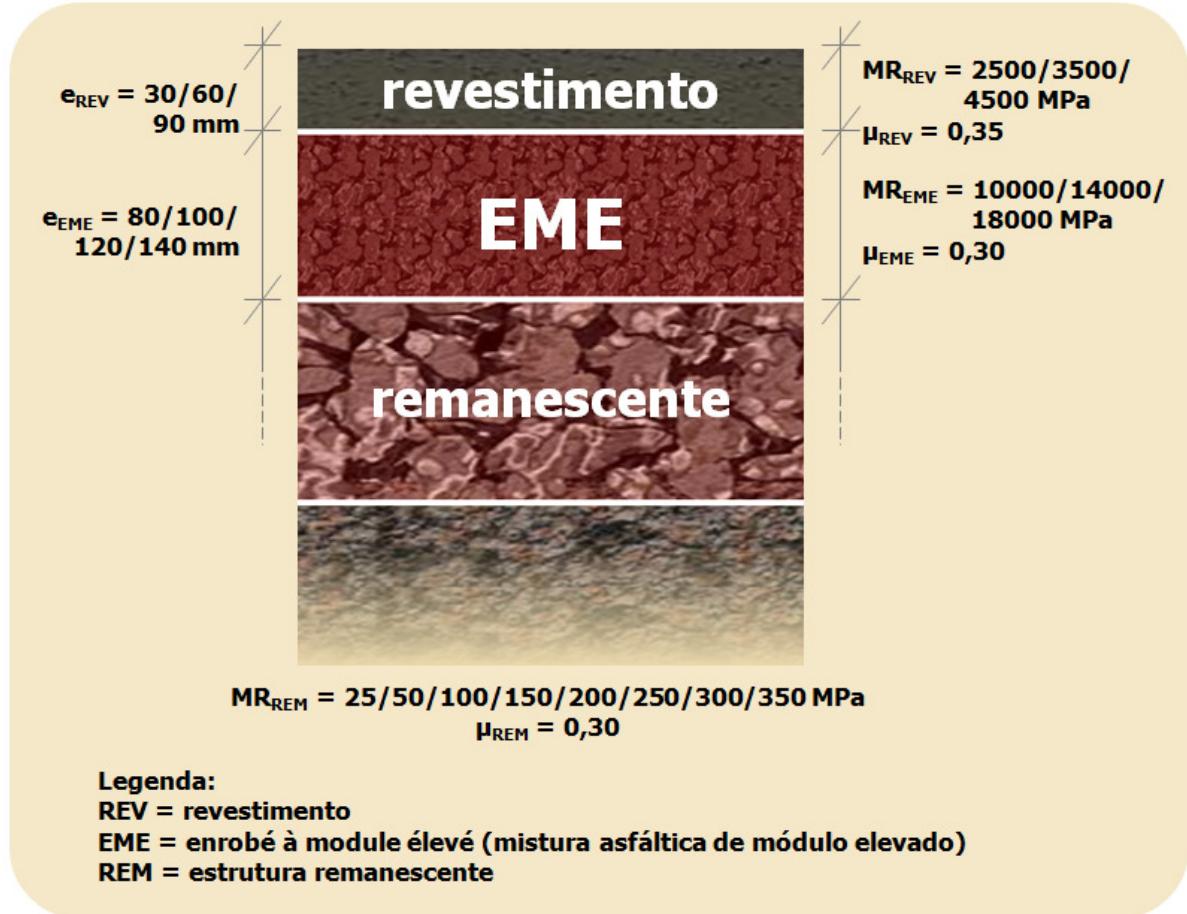
$$S = 15 \left[1 + 2 \left(\frac{D_{300}}{D_0} \right) + 2 \left(\frac{D_{600}}{D_0} \right) + \left(\frac{D_{900}}{D_0} \right) \right] \quad (\text{equação 4.2})$$

Na equação 4.2,

S é o Parâmetro Área, (cm);

x é a distância radial do ponto de aplicação da carga, (mm);

D_0 , D_{300} , D_{600} e D_{900} são as deflexões às distâncias radial correspondente a 0, 300, 600 e 900mm, respectivamente, do ponto de aplicação da carga, (10^{-2} mm).



**Figura 4.1 - Pavimento tipo com camadas de revestimento
e EME como restauração**

Os resultados foram processados sendo obtidas equações de correlação entre os indicadores estruturais e os demais indicadores de curvatura da bacia de deformação. As Tabelas 4.3 e 4.4 apresentam resumidamente os coeficientes dos modelos de regressão e parâmetros estatísticos de análise para os indicadores estruturais para VBK e FWD respectivamente. As Tabelas 4.5 e 4.6 apresentam resumidamente os coeficientes dos modelos de regressão e parâmetros estatísticos de análise para os indicadores de curvatura para VBK e FWD respectivamente.

As equações empregadas foram funções potenciais conforme o modelo genérico apresentado a seguir:

$$\text{Variável Dependente} = k \times (e_{REV}^a \times MR_{REV}^b) \times (e_{EME}^c \times MR_{EME}^d) \times MR_{REM}^e \times Q^f \quad (\text{equação 4.3})$$

Tabela 4.2 - Parâmetros considerados para o plano fatorial de modelagem

Simulação de Estrutura								Quant	
Estrutura	Cam.	Var. Ind.	Unid	Valor				Quant	
Nova	Revestimento	e_{REV}	mm	30	60	90	3	3	
		MR_{REV}	MPa	2500	3500	4500	3		
		μ_{REV}		0,35			1		
	Base (EME)	e_{EME}	mm	80	100	120	140	4	
Remanescente	Existente	MR_{EME}^1	MPa	10000	14000	18000	3	3	
		μ_{EME}		0,30			1		
		e_{REM}	mm	25	50	100	150	1	
		MR_{REM}	MPa	0	200	250	300	8	
		μ_{REM}		0,40				1	
		Sub-total de simulações							
Simulação de Carregamento								864	
VBK (ESRD)	Simulação I	$Q_1/4$	N	20500					
		p_1	MPa	0,56					
FWD	Simulação II	$Q_2/4$	N	32500				2	
		p_2	MPa	0,66					
	Simulação III	$Q_1/2$	N	41000				2	
		R	mm	150					
	Simulação IV	$Q_2/2$	N	65000				2	
		R	mm	150					
Total de simulações									
3456									

Legenda:

- REV = Revestimento asfáltico
 EME = *Enrobé à Module Élevé* (Mistura Asfáltica de Módulo Elevado)
 REM = estrutura remanescente
 cam = Camada
 var ind = variável independente
 unid = unidade (SI)
 quant = Quantidade
 e_i = espessura correspondente a cada camada: e_{BBTM} ; e_{EME}
 MR_i = módulo de resiliência correspondente a cada camada: MR_{BBTM} ; MR_{EME} ; MR_{REM}
 μ_i = coeficiente de Poisson correspondente a cada camada: μ_{BBTM} ; μ_{EME} ; μ_{REM}
 VKB = viga Benkelman
 ESRD = eixo simples de roda dupla
 FWD = *Falling Weight Deflectometer*
 Q_i = carga correspondente ao eixo-padrão brasileiro (Q_1) e ao eixo-padrão francês (Q_2)
 p_i = pressão de inflação nos pneumáticos referente à normatização brasileira (p_1) e referente à normatização francesa (p_2)
 r = raio da placa do FWD

Nota:

¹ O intervalo de valores de módulo de resiliência para a mistura asfáltica de módulo elevado (EME) compreende os encontrados por ROHDE (2007) e Magalhães (2004). Estes autores determinaram os módulos de resiliência para as misturas asfálticas de módulo elevado (EME) por meio de ensaio de compressão diametral a temperatura de 25°C e freqüência de 1Hz, conforme preconizado pela norma ASTM D 7369-09 (ASTM, 2009) antiga NCHRP Project 1-28A (NCHRP, 2004).

Tabela 4.3 - Coeficientes e parâmetros de análises para indicadores estruturais da VKB

Parâmetro			D ₀		ε _{tEME}		σ _{tEME}		ε _{vREM}	
			Coef.	valor-P	Coef.	valor-P	Coef.	valor-P	Coef.	valor-P
k			7,881	-	0,003	-	0,008	-	0,015	-
Inters			0,897	0	-2,475	0	-2,116	0	-1,81	0
revestimento	e _{REV}	a	-0,157	0	-0,309	0	-0,318	0	-0,331	0
	MR _{REV}	b	-0,075	0	-0,127	0	-0,126	0	-0,159	0
base	e _{EME}	c	-0,477	0	-0,85	0	-0,875	0	-1,021	0
	MR _{EME}	d	-0,132	0	-0,56	0	0,449	0	-0,409	0
remanescente	MR _{REM}	e	-0,785	0	-0,29	0	-0,295	0	-0,415	0
carga	Q	f	0,996	0	0,931	0	0,88	0	0,922	0
R ²				0,999		0,99		0,988		0,992
Fischer (F)				375420		29309		24593		37915

Tabela 4.4 - Coeficientes e parâmetros de análises para indicadores de curvatura da VBK

Parâmetro			S		R		R x D ₀		SCI = D ₀ - D ₃₀₀	
			Coef.	valor-P	Coef.	valor-P	Coef.	valor-P	Coef.	valor-P
k			10,563	-	1,268	-	9,996	-	2259	-
Inters			1,024	0	0,103	0	1	0	3,354	0
revestimento	e _{REV}	a	0,076	0	0,486	0	0,329	0	-0,472	0
	MR _{REV}	b	0,034	0	0,219	0	0,144	0	-0,216	0
base	e _{EME}	c	0,23	0	1,521	0	1,044	0	-1,464	0
	MR _{EME}	d	0,068	0	0,481	0	0,349	0	-0,454	0
remanescente	MR _{REM}	e	-0,099	0	0,229	0	-0,557	0	-0,272	0
carga	Q	f	0,003	0,107	-0,989	0	0,007	0,545	0,987	0
R ²				0,98		0,951		0,967		0,964
Fischer (F)				14193		5579		8433		7600

Tabela 4.5 - Coeficientes e parâmetros de análises para indicadores estruturais do FWD

Parâmetro			D ₀		ε _{tEME}		σ _{tEME}		ε _{vREM}	
			Coef.	valor-P	Coef.	valor-P	Coef.	valor-P	Coef.	valor-P
k			0,005	-	2E-06	-	4E-06	-	1,7E-05	-
Inters			-2,316	0	-5,832	0	-5,457	0	-4,77	0
revestimento	e _{REV}	a	-0,187	0	-0,332	0	-0,329	0	-0,355	0
	MR _{REV}	b	-0,125	0	-0,14	0	-0,138	0	-0,174	0
base	e _{EME}	c	-0,629	0	-0,945	0	-0,932	0	-1,113	0
	MR _{EME}	d	-0,186	0	-0,589	0	0,428	0	-0,451	0
remanescente	MR _{REM}	e	-0,530	0	-0,107	0	-0,132	0	-0,225	0
carga	Q	f	1,668	0	1,614	0	1,553	0	1,542	0
R ²				0,922		0,895		0,905		0,92
Fischer (F)				3392		2434		2733		3282

Tabela 4.6 - Coeficientes e parâmetros de análises para indicadores de curvatura do FWD

Coeficiente	Parâmetro		S		R		R x D ₀		SCI = D ₀ – D ₃₀₀	
	Coef.	valor-P	Coef.	valor-P	Coef.	valor-P	Coef.	valor-P	Coef.	valor-P
k	4,745	-	5000	-	24,165	-	0,793	-		
Inters	0,676	0	3,699	0	1,383	0	-0,1	0,439		
revestimento	e _{REV}	a	0,069	0	0,288	0	0,101	0	-0,327	0
	MR _{REV}	b	0,056	0	0,326	0	0,201	0	-0,306	0
base	e _{EME}	c	0,254	0	1,247	0	0,618	0	-1,29	0
	MR _{EME}	d	0,085	0	0,445	0	0,258	0	-0,444	0
remanescente	MR _{REM}	e	-0,129	0	0,05	0	-0,48	0	-0,072	0
carga	Q	f	0,041	0	-1,517	0	0,152	0	1,542	0
R ²			0,975		0,888		0,955		0,897	
Fischer (F)			11229		2265		6106		2489	

Observa-se, nas Tabelas 4.3 e 4.4, que todos os coeficientes correspondentes às variáveis independentes estruturais (espessuras e módulos de resiliência das camadas) sempre apresentam valores negativos. Ou seja, como eram esperadas, tais variáveis independentes são inversamente proporcionais aos indicadores estruturais estudados (D_0 , ε_{tEME} , σ_{tEME} e ε_{vREM}).

4.2.3. Estudo Estatístico

Para obtenção de uma maior confiabilidade nos estudos realizados, os resultados das variáveis em estudo foram submetidos a uma análise de variância (ANOVA). Seu objetivo é identificar se os valores das variáveis dependentes diferem significativamente do ponto de vista estatístico entre si. A técnica consiste em comparar grupos de observações por meio da comparação da variabilidade das médias entre os diferentes grupos com a variabilidade das observações dentro de cada grupo. Desta forma, calcularam-se parâmetros que demonstrassem numericamente se cada um dos quesitos analisados pelo programa ELSYM-5 satisfez a lei de formação dos modelos a partir deles elaborados.

A partir disso, foi possível estabelecer a significância das variáveis independentes e das interações sobre a variável dependente, determinada por meio da análise de variância dos termos dos modelos obtidos. Também, são apresentados os

coeficientes de determinação dos modelos de regressão entre as variáveis dependentes estudadas na pesquisa.

A significância estatística da variabilidade das médias entre grupos, isto é, o efeito de uma determinada variável independente sobre uma variável dependente é determinado por meio de um teste, que consiste em comparar valores calculados e tabelados, para um determinado nível de significância de uma função de distribuição da probabilidade F (distribuição de Fisher) (MONTGOMERY e RUNGER, 1999). Nesse processo, o nível de significância para as análises foi de 0,05, ou seja, ao se aceitar as hipóteses de que há influências significativas entre determinada variável independente e uma variável dependente, há no mínimo, uma probabilidade de 5% desta hipótese não ser verdadeira.

Com base neste raciocínio, a análise de distribuição de Fisher (F) demonstrou para todos os estudos apresentados nas Tabelas 4.3, 4.4, 4.5 e 4.6 que o efeito dos valores considerados foi significativo. A análise de variância (ANOVA) dos modelos resultou em coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,888, indicando que os modelos ajustaram-se de 88,8% a 99,9% às variáveis dependentes, como pode ser observado resumidamente na Tabela 4.7.

		Tabela 4.7 - Valores dos coeficientes de determinação (R^2) para cada modelo									
Parâmetro	Simulação	Variável Dependente							Valor		
		D₀	ϵ_{tEME}	σ_{tEME}	ϵ_{vREM}	S	R	R x D₀	SCI	Máximo	Mínimo
	VBK	0,999	0,990	0,988	0,992	0,980	0,951	0,967	0,964	0,999	0,951
	FWD	0,922	0,895	0,905	0,920	0,975	0,888	0,955	0,897	0,897	0,888

A influência individual de cada variável independente nas variáveis dependentes foi analisada por meio do valor-p.

Os resultados das Tabelas 4.3 e 4.4 indicam que as variáveis independentes (e_{REV} ; MR_{REV} ; e_{EME} ; MR_{EME} ; MR_{REM} e Q) são significativas ao nível de confiança de 99%, porque apresentam valor $p < 0,01$. Os modelos de comportamento previstos pela

análise de regressão múltipla, para os dados observados de deflexão máxima (D_0), na superfície do pavimento; deformação específica máxima de tração (ε_t), na fibra inferior da camada de EME; tensão específica máxima de tração (σ_t), na fibra inferior da camada de EME; e deformação vertical máxima de compressão (ε_v), no topo da camada remanescente, são apresentados conforme o modelo genérico (4.3) e seus respectivos coeficientes nas tabelas indicadas.

A mesma situação se repete para os casos dos indicadores de curvatura (Tabelas 4.5 e 4.6), exceto para a simulação com VBK, nos parâmetros área "S" e produto "R x D0", onde a variável independente "carga" (Q) apresentou valor $p>>0,01$. Tal situação denota que a variável independente Q, nestes modelos, não é estatisticamente significativa ao nível de confiança de 99%. Portanto, os modelos de comportamento para estes parâmetros foram novamente estudados e suprimindo-se a variável Q. Para efeito comparativo, foram também calculados novamente modelos de comportamento para estes parâmetros e sem a "carga" (Q) para a simulação com FWD.

As Tabelas 4.8 e 4.9 apresentam as equações de correlação dos parâmetros área "S" e produto "R x D0" para as simulações com VBK e com FWD, como comparação. Observa-se que nos casos onde foram identificados que a variável independente Q não se apresentou estatisticamente significativa resultou ainda em coeficientes de determinação (R^2) de 0,967 a 0,980; indicando que os modelos ajustaram-se de 96,7% a 98,0% às variáveis dependentes.

Tabela 4.8 - Coeficientes e parâmetros de análises para indicadores de curvatura para VBK, exceto Q

Coeficiente	Parâmetro		S_{VBK}		$(R \times D_0)_{VBK}$	
	Coef	valor-P	Coef	valor-P		
k	10,839	-	10,679	-		
Inters	1,035	0,000	1,029	0,000		
revestimento	e_{REV}	a	0,076	0,000	0,329	0,000
	MR_{REV}	b	0,034	0,000	0,144	0,000
base	e_{EME}	c	0,230	0,000	1,044	0,000
	MR_{EME}	d	0,068	0,000	0,349	0,000
remanescente	MR_{REM}	e	-0,099	0,000	-0,557	0,000
R^2			0,980		0,967	
Fischer (F)			17015		10123	

Tabela 4.9 - Coeficientes e parâmetros de análises para indicadores de curvatura para FWD, exceto Q

Coeficiente	Parâmetro		S_{VBK}		$(R \times D_0)_{VBK}$	
	Coef	valor-P	Coef	valor-P		
k	7,375	-	125,579	-		
Inters	0,868	0,000	2,099	0,000		
revestimento	e_{REV}	a	0,069	0,000	0,101	0,000
	MR_{REV}	b	0,056	0,000	0,201	0,000
base	e_{EME}	c	0,254	0,000	0,618	0,000
	MR_{EME}	d	0,085	0,000	0,258	0,000
remanescente	MR_{REM}	e	-0,129	0,000	-0,480	0,000
R^2			0,970		0,949	
Fischer (F)			11158		6444	

Como em campo a forma mais prática e rápida de obter o resultado estrutural do pavimento se dá por meio de ensaios deflectométricos, ou seja, ensaios não-destrutivos.

Por essa razão todos os estudos paramétricos anteriormente apresentados foram novamente estudados com a adoção da deflexão máxima no topo da camada remanescente (D_{0REM}) de uma estrutura que irá receber um reforço estrutural com camada de base de EME e uma camada asfáltica delgada de rolamento.

Esse estudo da substituição do MR_{REM} por D_{0REM} foi desenvolvido pelo programa computacional ELSYM-5. A Tabela 4.10 apresenta a correlação existente entre estes valores para cada intensidade de carregamento de FWD e de VBK.

Tabela 4.10 – Correlação entre MR_{REM} e D_{0REM}

MR_{REM}	VBK		FWD	
	Simulação I	Simulação II	Simulação III	Simulação IV
	$Q_1 = 82kN$	$Q_2 = 130kN$	$Q_1 = 82kN$	$Q_2 = 130N$
250	298	483	585	927
500	149	242	292	463
1000	74,5	121	146	232
1500	49,6	80,6	97,4	154
2000	37,2	60,4	73,1	116
2500	29,8	48,3	58,5	92,7
3000	24,8	40,3	48,7	77,2
3500	21,3	34,5	41,8	66,2

Essas novas equações são também funções potenciais conforme o modelo genérico apresentado a seguir:

$$VariávelDependente = k \times (e_{REV}^a \times MR_{REV}^b) \times (e_{EME}^c \times MR_{EME}^d) \times D_{0REM}^e \times Q^f \quad (\text{equação 4.4})$$

Nas tabelas 4.11 e 4.12, são apresentados os modelos em função da D_{0REM} para VBK e, nas tabelas 4.13 e 4.14, os modelos em função da D_{0REM} para FWD.

Tabela 4.11 - Coeficientes e parâmetros de análises para indicadores estruturais da VBK

Coeficiente	Parâmetro		D ₀		ε _{tEME}		σ _{tEME}		ε _{vREM}	
	Coef.	valor-P	Coef.	valor-P	Coef.	valor-P	Coef.	valor-P	Coef.	valor-P
k	25,914	-	0,005	-	1,2E-02	-	2,9E-02	-		-
Inters	1,414	0	-2,284	0	-1,922	0	-1,537	0		0
revestimento	e _{REV}	a	-0,157	0	-0,309	0	-0,318	0	-0,331	0
	MR _{REV}	b	-0,075	0	-0,127	0	-0,126	0	-0,159	0
base	e _{EME}	c	-0,477	0	-0,850	0	-0,875	0	-1,021	0
	MR _{EME}	d	-0,132	0	-0,560	0	0,449	0	-0,409	0
remanescente	D _{0REM}	e	0,785	0	0,290	0	0,295	0	0,415	0
carga	Q	f	0,171	0	0,627	0	0,570	0	0,486	0
R ²			0,999		0,990		0,988		0,992	
Fischer (F)			375241		29337		24614		37932	

Tabela 4.12 - Coeficientes e parâmetros de análises para indicadores de curvatura da VBK

Coeficiente	Parâmetro		S		R		R x D ₀		SCI = D ₀ - D ₃₀₀	
	Coef.	valor-P	Coef.	valor-P	Coef.	valor-P	Coef.	valor-P	Coef.	valor-P
k	12,280	-	0,897	-	23,233	-	3412	-		-
Inters	1,089	0	-0,047	0,588	1,366	0	3,533	0		0
revestimento	e _{REV}	a	0,076	0	0,486	0	0,329	0	-0,472	0
	MR _{REV}	b	0,034	0	0,219	0	0,144	0	-0,216	0
base	e _{EME}	c	0,230	0	1,521	0	1,044	0	-1,464	0
	MR _{EME}	d	0,068	0	0,481	0	0,349	0	-0,454	0
remanescente	D _{0REM}	e	0,099	0	-0,229	0	0,556	0	0,272	0
carga	Q	f	-0,102	0	-0,749	0	-0,578	0	0,701	0
R ²			0,980		0,951		0,967		0,964	
Fischer (F)			14207		5581		8424		7603	

Tabela 4.13 - Coeficientes e parâmetros de análises para indicadores de curvatura da FWD

Coeficiente	Parâmetro		D ₀		ε _{tEME}		σ _{tEME}		ε _{vREM}	
	Coef.	valor-P	Coef.	valor-P	Coef.	valor-P	Coef.	valor-P	Coef.	valor-P
k	8,3E-03	-	1,6E-06	-	4,0E-06	-	2,1E-05	-		-
Inters	-2,079	0	-5,784	0	-5,398	0	-4,669	0		0
revestimento	e _{REV}	a	-0,187	0	-0,332	0	-0,329	0	-0,355	0
	MR _{REV}	b	-0,125	0	-0,140	0	-0,138	0	-0,174	0
base	e _{EME}	c	-0,629	0	-0,945	0	-0,932	0	-1,113	0
	MR _{EME}	d	-0,186	0	-0,589	0	0,428	0	-0,451	0
remanescente	D _{0REM}	e	0,531	0	0,108	0	0,132	0	0,225	0
carga	Q	f	1,138	0	1,507	0	1,421	0	1,317	0
R ²			0,922		0,895		0,905		0,920	
Fischer (F)			3398		2435		2734		3285	

Tabela 4.14 - Coeficientes e parâmetros de análises para indicadores de curvatura do FWD

Coeficiente	Parâmetro		S		R		R x D ₀		SCI = D ₀ - D ₃₀₀	
	Coef.	valor-P	Coef.	valor-P	Coef.	valor-P	Coef.	valor-P	Coef.	valor-P
k	5,4E+00	-	4,7E+03	-	1,2E+00	-	4,7E-01	-		
Inters	0,734	0	3,677	0	0,097	0,187	-0,068	0,601		
revesti- mento	e _{REV}	a	0,069	0	0,288	0	0,101	0	-0,327	0
	MR _{REV}	b	0,056	0	0,326	0	0,201	0	-0,306	0
base	e _{EME}	c	0,254	0	1,247	0	0,618	0	-1,290	0
	MR _{EME}	d	0,085	0	0,445	0	0,258	0	-0,444	0
remanes- cente	D _{0REM}	e	0,129	0	-0,050	0	0,459	0	0,072	0
carga	Q	f	-0,088	0	-1,466	0	1,249	0	1,469	0
R ²			0,975		0,888		0,930		0,897	
Fischer (F)			11221		2265		4548		2489	

Como as duas variáveis D_{0REM} e MR_{REM} são intrinsecamente relacionadas, as correlações mantiveram-se exatamente iguais às estudadas nos modelos paramétricos em função de MR_{REM} à exceção apenas do produto "R x D₀" que gerou um coeficiente de determinação inferior (0,930, para modelo em função D_{0REM} ante 0,955, para modelo em função de MR_{REM}) quando comparado com os modelos paramétricos em função de MR_{REM}, como pode ser observado nas Tabelas 4.15 e 4.16.

Tabela 4.15 – Comparativo dos coeficientes de determinação entre os indicadores estruturais

Modelo	Simulação	Variável Dependente				Valor	
		D ₀	ε _{EME}	σ _{EME}	ε _{REM}	Máximo	Mínimo
em função de MR _{REM} (equação 4.3)	VBK	0,999	0,990	0,988	0,992	0,999	0,988
	FWD	0,922	0,895	0,905	0,920	0,922	0,895
em função de D _{0REM} (equação 4.4)	VBK	0,999	0,990	0,988	0,992	0,999	0,988
	FWD	0,922	0,895	0,905	0,920	0,922	0,895

Tabela 4.16 – Comparativo dos coeficientes de determinação entre os indicadores de curvatura

Modelo	Simulação	Variável Dependente				Valor	
		S	R	R x D ₀	SCI	Máximo	Mínimo
em função de MR _{REM} (equação 4.3)	VBK	0,980	0,951	0,967	0,964	0,980	0,951
	FWD	0,975	0,888	0,955	0,897	0,975	0,888
em função de D _{0REM} (equação 4.4)	VBK	0,980	0,951	0,967	0,964	0,980	0,951
	FWD	0,975	0,888	0,930	0,897	0,975	0,888

4.3. Verificação dos Esforços Atuantes e Estimativa de Vida Útil Esperada do Trecho Experimental

Com base nos estudos paramétricos (tabela 4.3, para o modelo genérico 4.3) foram calculados os esforços atuantes na estrutura do pavimento com reforço em EME. Em complementação, para o cálculo dos valores de módulo de resiliência do pavimento remanescente e do subleito foi adotado o programa computacional RETRAN-2CL desenvolvido por ALBERNAZ (1997) além da utilização do programa computacional ELSYM-5 para o cálculo da deformação vertical máxima de compressão no topo do subleito.

Na Tabela 4.16 são apresentados os valores dos esforços atuantes calculados em cada bacia deflectométrica. As Tabelas 4.17 e 4.18 apresentam os de número “N” máximo a ser atingido e vida útil esperada para cada estrutura definida segundo a Figura 4.2. É importante observar que no segmento de referência, entre os quilômetros 171+000 e 170+800, está prevista reconstrução. No entanto, para efeito de comparação, é apresentado o estudo hipotético com a intervenção de camada de reforço em EME na espessura de 14cm e camada de rolamento de 2,5cm de micro revestimento asfáltico a quente.

Nota-se que os critérios de ruína adotados são os baseados nos métodos mecanístico-empíricos do *The Asphalt Institute* (AI, 1982), de Nottigham (BROWN et al, 1985) e da SHELL (CLAESSEN et al, 1977) para fadiga e deformação permanente. Também foram adotados os modelos de deflexão máxima admissível dos métodos PRO-269/TECNAPAV (DNER, 1994b) e PRO-11 (DNER, 1979).

É importante salientar que as condições de contorno estabelecidas para os critérios de ruína hora adotados, são concebidas para misturas asfálticas convencionais. Portanto, pela falta de métodos mecanístico-empíricos para estruturas de alto-módulo, foram adotados esses critérios de ruína.

Em análise preliminar, observa-se nas Tabelas 4.17 e 4.18 que tanto o modelo de Nottigham (BROWN et al, 1985), para N provocando a ruína: trincamento generalizado ao longo das trilhas de roda, e da SHELL (CLAESSEN et al, 1977), com 50% de confiabilidade da estrutura do pavimento suportar os esforços verticais resistir à formação de trilha de roda; se apresentaram de forma mais coerente. Os modelos PRO-269/TECNAPAV (DNER, 1994b) e PRO-11 (DNER, 1979) atendem de maneira geral, não sendo o definidor do dimensionamento de estruturas de pavimento dessa natureza. Os demais modelos apresentaram valores de vida útil esperados bem dispersos e, portanto, incoerentes com o esperado ao longo do período de serviço da estrutura.

Esfôrços Atuantes na Estrutura de Pavimento Concebida com Reforço em EME

Estaca	Camada de Rolamento				Camada de EME				Camada Remanescente (RETRAN-2CL)				Q_{FWD} (N)	D_0 (MÓDULO) ($\times 10^{-2}$ mm)	$\epsilon_{t,E}$ (MÓDULO) (mm/mm)	$\epsilon_{t,R}$ (MÓDULO) (mm/mm)	$\epsilon_{t,s}$ (MÓDULO) (mm/mm)
	e (mm)	MR (MPa)	MR (mm)	MR (MPa)	MR _{REM} (MPa)	MR _s (MPa)	MR _{REM} (mm)	MR _s (mm)	MR _{REM} (mm)	MR _s (mm)	MR _s (mm)	MR _{REM} (mm)					
171+000	30	2500	140	14000	274	86	41000	18	8.395E-05	2.63E-04	2.39E-04	8.018E-05	2.61E-04	-2.13E-04	-2.13E-04		
170+960	30	2500	140	14000	421	104	41000	15	8.356E-05	2.61E-04	2.61E-04	8.018E-05	2.61E-04	-1.82E-04	-1.82E-04		
170+920	30	2500	140	14000	286	96	41000	18	8.356E-05	2.61E-04	2.61E-04	8.018E-05	2.61E-04	-1.53E-04	-1.53E-04		
170+880	30	2500	140	14000	268	83	41000	19	8.415E-05	2.65E-04	2.65E-04	8.151E-05	2.65E-04	-1.66E-04	-1.66E-04		
170+840	30	2500	140	14000	307	99	41000	17	8.293E-05	2.57E-04	2.57E-04	8.151E-05	2.48E-04	-1.45E-04	-1.45E-04		
170+800	30	2500	140	14000	361	105	41000	16	8.151E-05	2.48E-04	2.48E-04	8.151E-05	2.48E-04	-1.56E-04	-1.56E-04		
170+760	30	2500	140	14000	310	90	41000	17	8.285E-05	2.56E-04	2.56E-04	8.175E-05	2.56E-04	-1.73E-04	-1.73E-04		
170+720	30	2500	140	14000	539	165	41000	13	7.809E-05	2.26E-04	2.26E-04	7.18E-05	2.26E-04	-1.18E-04	-1.18E-04		
170+680	30	2500	140	14000	394	157	41000	15	8.079E-05	2.43E-04	2.43E-04	8.111E-05	2.45E-04	-1.27E-04	-1.27E-04		
170+640	30	2500	140	14000	378	130	41000	16	8.111E-05	2.45E-04	2.45E-04	8.111E-05	2.45E-04	-1.40E-04	-1.40E-04		
170+600	30	2500	140	14000	351	118	41000	16	8.175E-05	2.49E-04	2.49E-04	8.175E-05	2.49E-04	-1.35E-04	-1.35E-04		
170+560	30	2500	140	14000	289	79	41000	18	8.347E-05	2.60E-04	2.60E-04	8.039E-05	2.60E-04	-1.14E-04	-1.14E-04		
170+520	30	2500	110	14000	315	97	41000	20	1.039E-04	3.34E-04	3.34E-04	9.989E-05	3.08E-04	-1.72E-04	-1.72E-04		
170+480	30	2500	110	14000	454	175	41000	16	9.989E-05	3.08E-04	3.08E-04	1.026E-04	3.25E-04	-1.16E-04	-1.16E-04		
170+440	30	2500	110	14000	355	116	41000	19	1.026E-04	3.25E-04	3.25E-04	1.026E-04	3.25E-04	-1.43E-04	-1.43E-04		
170+400	30	2500	110	14000	314	100	41000	20	1.030E-04	3.34E-04	3.34E-04	1.030E-04	3.34E-04	-1.97E-04	-1.97E-04		
170+360	30	2500	110	14000	337	97	41000	19	1.031E-04	3.29E-04	3.29E-04	1.031E-04	3.29E-04	-1.92E-04	-1.92E-04		
170+320	30	2500	110	14000	317	101	41000	20	1.038E-04	3.33E-04	3.33E-04	1.038E-04	3.33E-04	-1.92E-04	-1.92E-04		
170+280	30	2500	110	14000	359	110	41000	19	1.024E-04	3.24E-04	3.24E-04	1.024E-04	3.24E-04	-1.78E-04	-1.78E-04		
170+240	30	2500	80	14000	342	118	41000	23	1.391E-04	4.67E-04	4.67E-04	1.391E-04	4.67E-04	-2.07E-04	-2.07E-04		
170+200	30	2500	80	14000	470	108	41000	20	1.345E-04	4.35E-04	4.35E-04	1.416E-04	4.85E-04	-1.90E-04	-1.90E-04		
170+160	30	2500	80	14000	290	85	41000	25	1.416E-04	4.85E-04	4.85E-04	1.409E-04	4.80E-04	-2.55E-04	-2.55E-04		
170+120	30	2500	80	14000	303	94	41000	25	1.409E-04	4.80E-04	4.80E-04	1.380E-04	4.59E-04	-1.66E-04	-1.66E-04		
170+080	30	2500	80	14000	369	121	41000	22	1.380E-04	4.59E-04	4.59E-04	1.408E-04	4.79E-04	-1.99E-04	-1.99E-04		
170+040	30	2500	80	14000	305	100	41000	25	1.408E-04	4.79E-04	4.79E-04	1.408E-04	4.79E-04	-2.22E-04	-2.22E-04		

Estaca	D_0	Número N Máximo a ser Atingido									
		et _{ENE}		et _{ENE}		Nottighan ¹		IA (1982)		IA (1982)	
		TECNAPAV	PRO 11 (DNER, 1979)	IA (1982)	crítico	ruína	SHELL ²	IA (1982)	estado crítico	A = 250	c1 = 0.27
171+000	1.02E+10	8.05E+09	46.82	46.06	4.51E+07	8.19E+07	5.68E+05	3.900E+07	2.823E+06	A = 451.29	c1 = 0.28
170+960	3.41E+10	2.93E+10	1.70E+07	1.72E+07	9.91E+07	1.45E+07	8.34E+07	5.055E+06	3.996E+07	2.279E+07	2.986E+08
170+920	1.15E+10	9.16E+09	1.49E+07	1.45E+07	8.34E+07	4.62E+05	1.720E+08	9.615E+06	7.428E+07	5.602E+08	1.122E+09
170+880	9.56E+09	7.53E+09	1.45E+07	1.41E+07	8.10E+07	4.46E+05	1.193E+08	7.108E+06	5.551E+07	8.095E+08	2.561E+08
170+840	1.40E+10	1.13E+10	1.53E+07	1.50E+07	8.61E+07	4.80E+05	2.188E+08	1.173E+07	8.998E+07	1.390E+09	4.400E+08
170+800	2.21E+10	1.85E+10	1.61E+07	1.61E+07	9.26E+07	5.23E+05	1.576E+08	8.947E+06	6.930E+07	1.038E+09	3.284E+08
170+760	1.44E+10	1.17E+10	1.53E+07	1.50E+07	8.65E+07	4.82E+05	9.912E+07	6.100E+06	4.790E+07	6.862E+08	2.171E+08
170+720	6.85E+10	6.17E+10	1.86E+07	1.86E+07	1.11E+08	6.48E+05	5.512E+08	2.516E+07	1.878E+08	3.170E+09	1.003E+09
170+680	2.83E+10	2.40E+10	1.67E+07	1.67E+07	9.63E+07	5.48E+05	3.964E+08	1.917E+07	1.445E+08	2.363E+09	7.476E+08
170+640	2.52E+10	2.12E+10	1.64E+07	1.64E+07	9.45E+07	5.36E+05	2.561E+08	1.336E+07	1.020E+08	1.600E+09	5.063E+08
170+600	2.05E+10	1.70E+10	1.60E+07	1.59E+07	9.14E+07	5.15E+05	3.014E+08	1.528E+07	1.161E+08	1.851E+09	5.855E+08
170+560	1.18E+10	9.45E+09	1.49E+07	1.46E+07	8.38E+07	4.65E+05	6.434E+08	2.859E+07	2.124E+08	3.639E+09	1.151E+09
170+520	6.73E+09	5.17E+09	7.27E+06	5.85E+06	3.37E+07	1.56E+05	1.017E+08	6.232E+06	4.890E+07	7.023E+08	2.222E+08
170+480	1.89E+10	1.56E+10	8.27E+06	6.89E+06	3.96E+07	5.951E+08	2.681E+07	1.966E+08	3.395E+09	1.074E+09	5.798E+08
170+440	9.42E+09	7.42E+09	7.58E+06	6.17E+06	3.55E+07	1.66E+05	2.328E+08	1.235E+07	9.456E+07	1.470E+09	4.651E+08
170+400	6.67E+09	5.12E+09	7.26E+06	5.84E+06	3.36E+07	1.55E+05	5.535E+07	3.770E+06	3.012E+07	4.081E+08	1.291E+08
170+360	8.14E+09	6.34E+09	7.45E+06	6.03E+06	3.47E+07	1.61E+05	6.212E+07	4.147E+06	3.301E+07	4.523E+08	1.431E+08
170+320	6.85E+09	5.27E+09	7.29E+06	5.87E+06	3.38E+07	1.56E+05	6.212E+07	4.147E+06	3.301E+07	4.523E+08	1.431E+08
170+280	9.73E+09	7.67E+09	7.61E+06	6.20E+06	3.57E+07	1.67E+05	8.723E+07	5.489E+06	4.326E+07	6.123E+08	1.937E+08
170+240	2.92E+09	2.12E+09	2.78E+06	1.73E+06	9.95E+06	1.03E+07	4.433E+07	3.138E+06	2.523E+07	3.348E+08	1.059E+08
170+200	7.16E+09	5.53E+09	3.11E+06	1.99E+06	1.15E+07	4.28E+04	6.510E+07	4.311E+06	3.427E+07	4.716E+08	1.492E+08
170+160	1.84E+09	1.29E+09	2.62E+06	1.61E+06	9.25E+06	3.31E+04	1.740E+07	1.450E+06	1.198E+07	1.454E+08	4.600E+07
170+120	2.08E+09	1.47E+09	2.66E+06	1.64E+06	9.43E+06	3.39E+04	1.193E+08	7.108E+06	5.551E+07	8.095E+08	2.561E+08
170+080	3.62E+09	2.67E+09	2.86E+06	1.79E+06	1.03E+07	3.76E+04	5.290E+07	3.632E+06	2.905E+07	3.919E+08	1.240E+08
170+040	2.12E+09	1.50E+09	2.67E+06	1.64E+06	9.46E+06	3.40E+04	3.239E+07	2.422E+06	1.966E+07	2.531E+08	8.007E+07

Notas: Os critérios de ruína, definidos nos modelos de Nottighan e da SHELL, podem ser encontrados nas publicações a seguir citadas:

- BROWN, S., BRUNTON, J., STOCK, A., 1985. The analytical design of bituminous pavements. Proceedings of Institution of Civil Engineering, vol. 79, Part 2, pp 1-31, London
- Claessen, A., Edwards, J., Sommer, P., UGÉ, P., 1977. Asphalt pavement design manual: the SHELL Method. Proceedings of 4th International Conference on Structural Design of Asphalt Pavements, University of Michigan, pp. 39-74, Ann Arbor-Michigan.

Estaca	D_0	Vida Útil Esperada (anos)										$\sigma V_{\text{subjetivo}}$	
		et _{ME}		Notighan ¹		SHELL ²		IA (1982)		Notighan ¹			
		TECNAPAV (DNER, 1994)	PRO 11 (DNER, 1979)	IA (1982)	46.82	46.06	SHELL ²	IA (1982)	A = 250	c ₁ = 0.27	A = 451.29	c ₁ = 0.28	
171+000	> 8	> 8	2	2	> 8	0	4	0	0	3	> 8	> 8	6
170+960	> 8	> 8	2	2	> 8	0	> 8	1	1	4	> 8	> 8	> 8
170+920	> 8	> 8	2	2	> 8	0	> 8	1	1	8	> 8	> 8	> 8
170+880	> 8	> 8	2	2	> 8	0	> 8	1	1	6	> 8	> 8	> 8
170+840	> 8	> 8	2	2	> 8	0	> 8	1	1	> 8	> 8	> 8	> 8
170+800	> 8	> 8	2	2	> 8	0	> 8	1	1	8	> 8	> 8	> 8
170+760	> 8	> 8	2	2	> 8	0	> 8	1	1	5	> 8	> 8	> 8
170+720	> 8	> 8	2	2	> 8	0	> 8	1	1	> 8	> 8	> 8	> 8
170+680	> 8	> 8	2	2	> 8	0	> 8	1	1	> 8	> 8	> 8	> 8
170+640	> 8	> 8	2	2	> 8	0	> 8	1	1	> 8	> 8	> 8	> 8
170+600	> 8	> 8	2	2	> 8	0	> 8	1	1	> 8	> 8	> 8	> 8
170+560	> 8	> 8	2	2	> 8	0	> 8	1	1	> 8	> 8	> 8	> 8
170+520	> 8	> 8	1	1	4	0	> 8	1	1	5	> 8	> 8	> 8
170+480	> 8	> 8	1	1	4	0	> 8	1	1	> 8	> 8	> 8	> 8
170+440	> 8	> 8	1	1	4	0	> 8	1	1	> 8	> 8	> 8	> 8
170+400	> 8	> 8	1	1	4	0	> 8	1	1	> 8	> 8	> 8	> 8
170+360	> 8	> 8	1	1	4	0	> 8	1	1	> 8	> 8	> 8	> 8
170+320	> 8	> 8	1	1	4	0	> 8	1	1	> 8	> 8	> 8	> 8
170+280	> 8	> 8	1	1	4	0	> 8	1	1	5	> 8	> 8	> 8
170+240	> 8	> 8	0	0	1	0	5	0	0	3	> 8	> 8	6
170+200	> 8	> 8	0	0	1	0	7	0	0	4	> 8	> 8	> 8
170+160	> 8	> 8	0	0	1	0	2	0	0	1	> 8	5	3
170+120	> 8	> 8	0	0	1	0	> 8	1	1	6	> 8	> 8	> 8
170+080	> 8	> 8	0	0	1	0	6	0	0	3	> 8	> 8	7
170+040	> 8	> 8	0	0	1	0	4	0	0	2	> 8	> 8	5

Notas: Os valores nulos de vida útil esperada são estimativas de meses de serviço, segundo cada critério de ruína analisado. Estes valores, por sua vez, variam de 1 a 3 meses de serviço.

Os critérios de ruína, definidos nos modelos de Notighann e da SHELL, podem ser encontrados nas publicações a seguir citadas:

- ¹ BROWN, S., BRUNTON, J., STOCK, A., 1985. The analytical design of bituminous pavements. Proceedings of Institution of Civil Engineering, vol. 79, Part 2, pp 1-31, London
- ² CLAESSEN, A., EDWARDS, J., SOMMER, P., UGÉ, P., 1977. Asphalt pavements design manual: the SHELL Method. Proceedings of 4th International Conference on Structural Design of Asphalt Pavements, University of Michigan, pp. 39-74, Ann Arbor-Michigan.

4.4. Considerações Finais

Por meio da análise de variância (ANOVA), utilizada para avaliar quais variáveis independentes influenciam na variável dependente, conclui-se que todos os modelos estudados apresentaram fortes correlações apresentando coeficientes de determinação que se ajustaram 88,8% a 99,9% às variáveis dependentes.

Os modelos em função da deflexão máxima no topo da camada remanescente também apresentaram fortes correlações.

Muito embora os coeficientes de determinação revelassem fortes correlações, os resultados de valor-p, nos parâmetros área "S" e produto "R x D0" apresentaram-se $p>>0,01$ para a variável independente "carga" (Q), revelando não ser estatisticamente significativa para a simulação com VBK. Sendo, portanto, estabelecidos outros modelos desconsiderando a variável independente Q.

A partir dos modelos apresentados nesta pesquisa é possível, conhecidas as condições estruturais do pavimento existente e do tráfego futuro, definir rapidamente as características geométricas e mecânicas das misturas asfálticas de módulo elevado (EME) a serem empregadas nas camadas sobrejacentes para restauração.

Cabe salientar que os modelos obtidos da análise dos dados paramétricos revelam o comportamento estrutural considerando o procedimento de cálculo adotado pelo programa computacional ELSYM-5 que admite o pavimento como um sistema elástico tridimensional de camadas sobrepostas, semi-infinito sendo que seus materiais assumem comportamentos isotrópicos e homogêneos, com comportamento elástico-linear, obedecendo à lei de Hooke generalizada, de acordo com o princípio da Teoria da Elasticidade.

Segundo as retroanálises realizadas a partir dos levantamentos deflectométricos realizados, pode-se concluir que a camada de módulo elevado encontra-se com valor

de módulo de resiliência variando de 10.000 a 20.000MPa. Tal ordem de valor modular é compatível àqueles encontrados na literatura para este tipo de mistura asfáltica como camada de base (AFNOR, 1999; CAPITÃO, S., 2003; MAGALHÃES, S., 2004; BROSSEAUD,Y., 2006; BERNUCCI, L. B., 2007; ROHDE, L., 2007; FREITAS, H. B., 2007).

Quanto ao método de dimensionamento proposto para restauração, pode-se concluir que os modelos são válidos para obtenção dos esforços atuantes em estruturas com camadas de base em módulo elevado.

5. ESTUDOS LABORATORIAIS

5.1. Distribuição Granulométrica

A mistura de módulo elevado é caracterizada por uma curva de granulometria contínua. A curva de granulometria contínua possui em sua composição todas as frações de agregado, de maneira proporcional, de maneira que agregados miúdos caibam nos vazios dos graúdos. São materiais que, quando bem compactados, atingem altas densidades e, em consequência, maior resistência.

A composição granulométrica projetada para a mistura asfáltica com o CAP endurecido pela PETROBRAS com ácido polifosfórico⁵ é constituída de 11% de Brita 1, 28% de pedrisco, 61% de pó de pedra. A comparação entre a curva granulométrica resultante e a curva de máxima densidade é apresentada na Figura 5.1, confrontando também as faixas granulométricas definidas na Espanha (VAL MÉLUS, 1996) e em Portugal (JAE, 1998 e BRANCO et al, 2006)⁶.

A composição estudada resulta em uma curva granulométrica contínua, porém desviando-se dos limites superiores nas peneiras número 10 e 40, mostrando excesso de material nas frações mais grossas granulometria. As demais peneiras encontram-se dentro das faixas granulométricas ou muito próximas de suas limites superiores.

⁵ No material final de apresentação da tese, serão apresentadas as características do CAP produzido pela PETROBRAS.

⁶ Por serem muito próximas, foi apresentada no gráfico apenas a faixa granulométrica da Espanha (VAL MÉLUS, 1996).

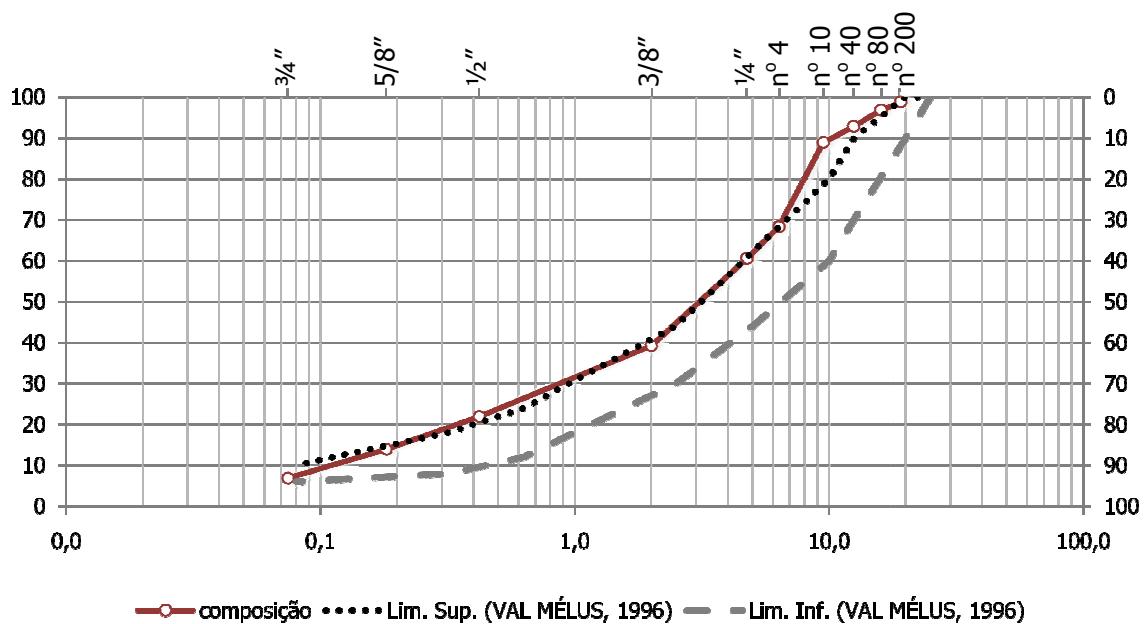


Figura 5.1 – Curva granulométrica da mistura de EME estuda

Como já mencionando no Capítulo 2, segundo BROUSSEAUD (2002), nas normas francesas não existem faixas granulométricas a serem seguidas. Entretanto, são apresentadas peneiras de controle para a composição da curva granulométrica contínua:

- % passante na peneira nº 10 (2mm): 30% a 35%; e
- % passante na peneira nº 200: 7% a 8%.

A partir das peneiras de controle pode-se observar que a curva granulométrica definida encontra-se superior na fração passante na peneira nº 10, excedendo 4,2% no seu limite superior e aproximadamente no limite inferior de filer, com 6,9%.

5.2. Caracterização do Ligante

De acordo com os dados do controle tecnológico de recebimento do ligante na Usina Jambeiro, foram informadas as características apresentadas na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Caracterização do ligante fornecido pela Petrobras

Parâmetro	Unidade	Resultado	Método
Penetração	dmm	15	NBR-6576
Ponto de amolecimento	°C	79	NBR-6560
Recuperação Elástica	%	79,5	DNER-ME 382/99
Viscosidade Brookfield, 135 °C (6rpm, sp 31)		4995	NBR-15184
Viscosidade Brookfield, 150 °C (6rpm, sp 31)		2190	
Viscosidade Brookfield, 175 °C (6rpm, sp 31)		910	

As faixas de temperaturas para usinagem e compactação também foram fornecidas pela Petrobras:

- Temperatura de usinagem: 175 °C - 180 °C;
- Temperatura de compactação: 160 °C - 165 °C;.

Para a confecção da mistura de EME, o ligante endurecido com ácido polifosfórico da Petrobras foi classificado como um CAP 10-20. Esta informação também foi confirmada com os ensaios realizados pelo CPR / NovaDutra apresentados em anexo.

Segundo a metodologia SUPERPAVE o ligante foi classificado de acordo com o seu grau de desempenho (*performance grade*) como PG 82-10.

Os ensaios de caracterização do ligante fornecido pela Petrobras bem com os realizados pelo CPR/NovaDutra encontram-se em anexo.

5.3. Projeto da Mistura

A partir da distribuição granulométrica selecionada foi realizado o projeto de mistura para o ligante endurecido com ácido polifosfórico da Petrobras. O compactador Marshall foi empregado para produzir corpos de prova para determinar:

- A massa específica aparente e a massa específica máxima teórica;
- As características volumétricas das misturas como volume de vazios (V_v), relação betume vazios (RBV) e vazios no agregado mineral (VAM);
- A resistência à tração por compressão diametral (RT).

A Figuras 5.2 a 5.7 apresentam os parâmetros da mistura estudada.

Segundo as literaturas (CAPITÃO, 2003; AFNOR, 1999; CORTÉ e SERFASS, 2000 e CORTÉ, 2001), as misturas de módulo elevado devem apresentar volume de vazios entre 3 a 6%, vazios do agregado mineral (VAM) superior a 13%, módulo de riqueza (k) superior ou igual a 3,4. Da mistura definida, o volume de vazios foi de 3,6% e VAM igual a 16,1%.

A partir das equações 2.1, 2.2 e 2.3, pode ser estimado o módulo de riqueza baseando-se no teor de betume do projeto de mistura definido em 5,8%. O valor do módulo de riqueza foi estimado em 3,54 e; além de ser superior ao valor estabelecido pelas literaturas (3,40); segundo SERFASS et al (1997) significa uma mistura com excelente desempenho mecânico em termos de rigidez e deformação permanente.

O teor de vazios é um dos fatores que tem maior influência no desempenho mecânico (deformação permanente) das misturas asfálticas. Existe um intervalo de teor de vazios, de 3% a 7%, para o qual as misturas asfálticas densas são mais estáveis (BROSSEAUD et al, 1993). A norma francesa (AFNOR) estabelece o teor ótimo de vazios da mistura asfáltica por meio da análise da conformação de sua compacidade, a partir do ensaio da Prensa de Compactação Giratória (PCG) (AFNOR, 1993a). Para mistura asfáltica de módulo elevado EME 2, o volume de vazio limite é de 6%.

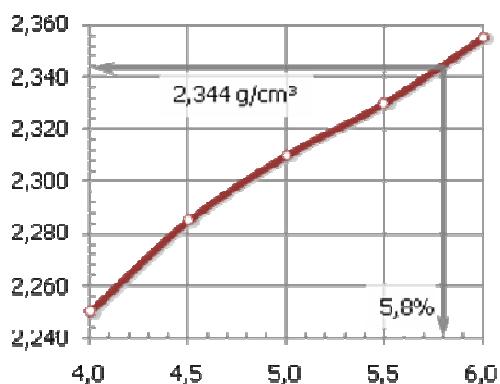


Figura 5.2 - Massa específica aparente (g/cm^3)

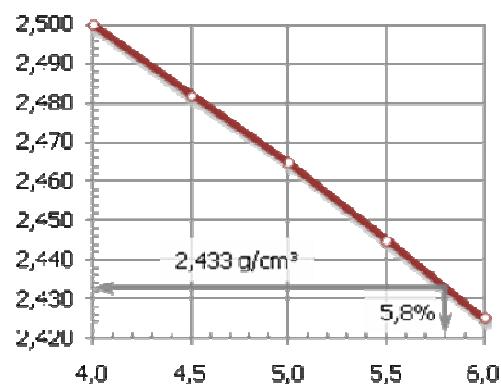


Figura 5.3 - Massa específica máxima teórica (g/cm^3)

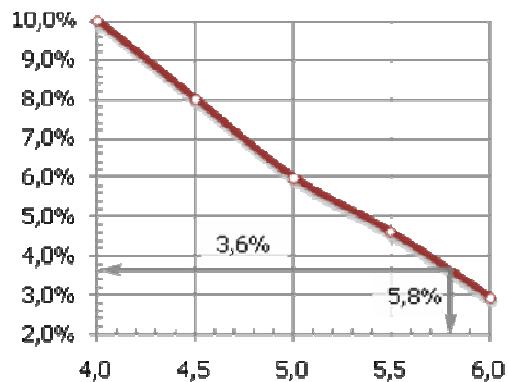


Figura 5.4 – Volume de vazios (%)

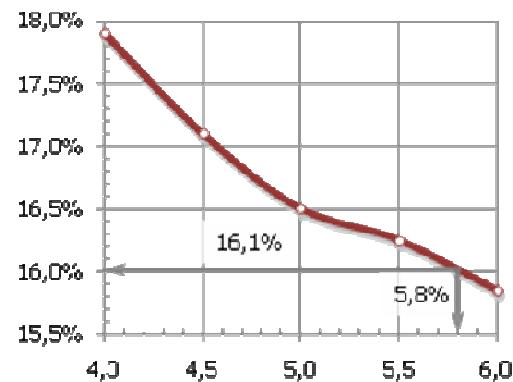


Figura 5.5 - Vazios do agregado mineral (%)

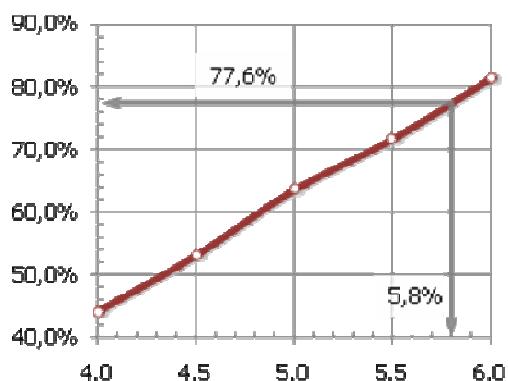


Figura 5.6 – Relação betume/vazios (%)

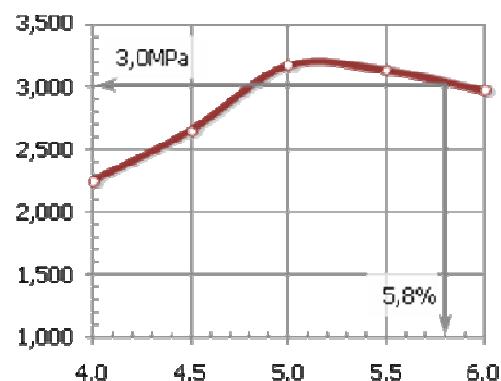


Figura 5.7 – Resistência à tração (MPa)

O projeto de mistura completo desenvolvido pelo CPR/NovaDutra encontra-se em anexo.

5.4. Propriedades Mecânicas – Deformação Permanente e PCG

Nas misturas betuminosas densas, o controle dos vazios busca a obtenção de uma camada com resistência à deformação permanente. A literatura estabelece que, nos ensaios realizados na máquina de deformação permanente (AFNOR, 1993b), o volume de vazios deve permanecer entre 3 e 6% e ao deformação permanente inferior a 7,5%.

A Figura 5.8 demonstra que, tanto para a PCG quanto para o ensaio de deformação permanente, a mistura definida teve um bom desempenho. Na Prensa de Compactação Giratória (PCG), a mistura se comportou com 4,5% inferior ao máximo recomendado de 6%; e, no simulador tipo LCP, o valor da deformação permanente foi de 1,2% inferior ao limite preconizado de 7,5%.

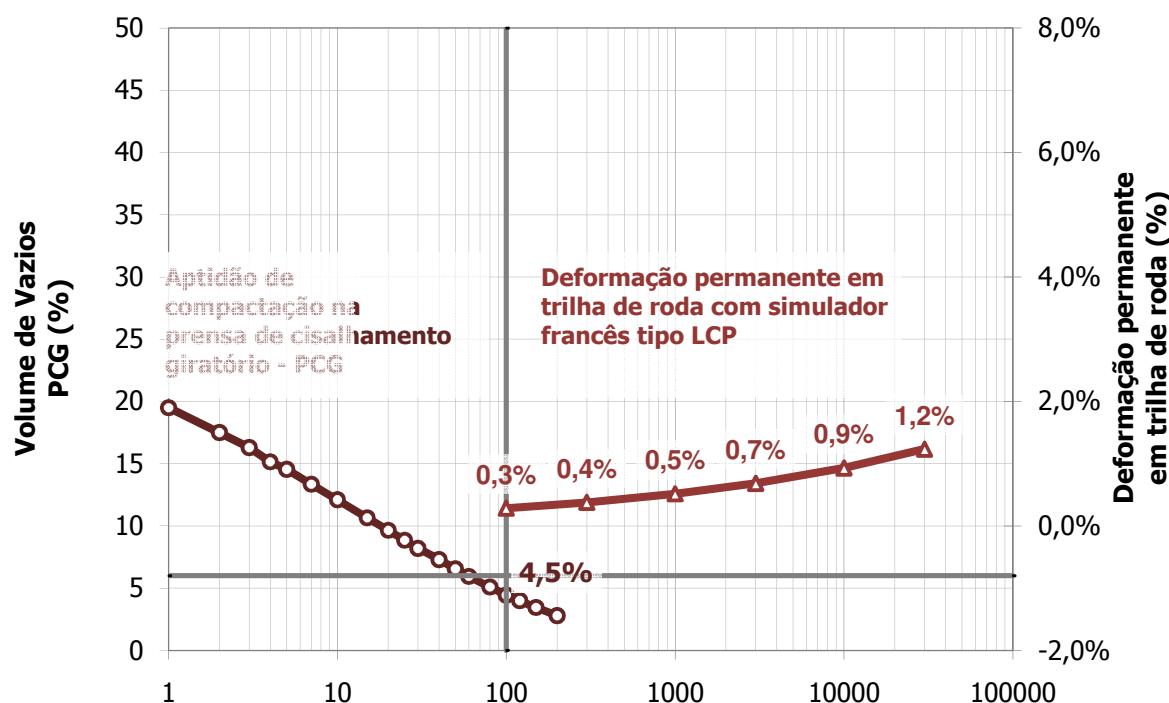


Figura 5.8 - Aptidão de compactação - PCG e deformação permanente em trilha de roda

Os resultados estão de acordo com as especificações francesas mostrando que o projeto de mistura foi adequado.

6. USINAGEM E EXECUÇÃO DO TRECHO EXPERIMENTAL

A partir da caracterização dos agregados e do ligante de baixa penetração, foi possível projetar uma mistura asfáltica com a finalidade de emprego na execução do trecho experimental proposto na pesquisa. Como mencionado no terceiro capítulo desta pesquisa, O trecho experimental foi construído na Rodovia Presidente Dutra, entre os quilômetros 171 e 170 (sentido Rio de Janeiro) no município de Jacareí/SP.

6.1. Usinagem do Trecho Experimental

O ligante foi entregue pela Petrobras, em um caminhão tanque apropriado para o seu transporte dotado de agitador e controlador de temperatura, na Usina Jambeiro. A adição do material foi realizada por bombeamento para um tanque apropriado da usina também dotado de agitador e controlador de temperatura.

A partir do projeto de mistura definido pelo CPR/NovaDutra, a Usina Jambeiro foi calibrada para produzir a mistura de EME.

A mistura de EME foi produzida em uma usina gravimétrica (Figura 5.1) automatizada e controlada por um programa computacional (Figura 5.2), onde se percebe qualquer alteração na temperatura, tempo de mistura e alimentação dos agregados, ligantes asfálticos e aditivos.



Figura 6.1 – Usina Gravimétrica Jambeiro Serveng-Civilsan

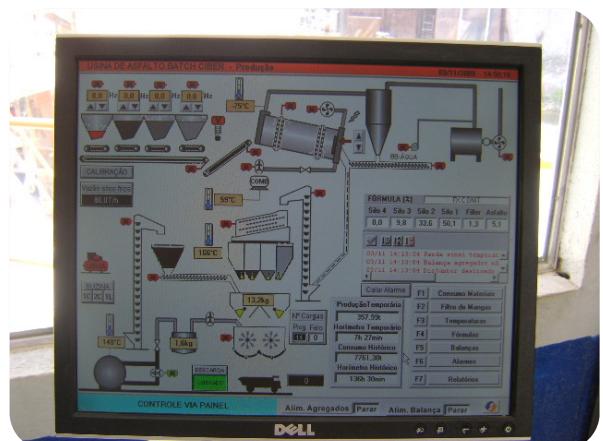


Figura 6.2 – Tela de controle das atividades da Usina Gravimétrica

O controle tecnológico da mistura usinada pela Jambeiro foi realizado conforme especificações do CPR/NovaDutra, sendo analisados principalmente os seguintes parâmetros:

- Teor de ligante – forno NCAT;
- Densidade Máxima de Mistura – Rice; e,
- Granulometria.

Os resultados do controle tecnológico são apresentados em anexo.

Em relação ao teor de ligante, apenas na seção experimental de 11cm, verificou-se teor de ligante 0,1% abaixo dos limites aceitáveis (5,6 a 6%). Apesar desta constatação, até o momento não foram identificados problemas nesta seção.

Quanto à granulometria verificaram-se desvios na porção de finos, mostrando que a mistura estava acima do limite superior estabelecido. O módulo de riqueza do projeto de mistura foi calculado em 3,54. Pelos resultados obtidos no controle tecnológico e apresentados na Tabela 6.1, verificou-se que apenas uma amostra (certificado 00738) apresentou um valor ligeiramente abaixo para a classificação de mistura rica ($k = 3,03$; $< 3,2$), segundo SERFASS et al (1997).

Tabela 6.1 – Valor dos módulos de riqueza das amostras

Certificado da amostra	Teor de Ligante (%)	Módulo de Riqueza (k)
00699	5,9	3,43
00737	5,7	3,18
00738	5,5	3,03
00788	6,0	3,56

A amostra (certificado 00738) foi extraída na mesma que apresentou teor de asfalto inferior ao aceitável. Sendo assim, durante o monitoramento periódico do trecho representativo desta amostra estas informações devem ser levadas em consideração.

A mistura saiu da usina com temperatura entre 170 e 185°C.

A seguir são apresentadas algumas fotos da Usina Jambeiro.



6.2. Execução do Trecho Experimental

6.2.1. Preparo da Superfície

Para as três seções experimentais (SEx-01, SEx-02 e SEx-03), foram removidas as camadas asfálticas nas cotas estabelecidas na Tabela 6.2. Estas remoções foram executadas por meio de fresagens.

Tabela 6.2 – Espessuras de fresagem nas seções experimentais

Seção Experimental	km		Extensão (m)	Espessura de Fresagem
	Inicial	Final		
SEx-01	170+800	170+600	200	14cm
SEx-02	170+600	170+400	200	11cm
SEx-03	170+400	170+160	240	8cm

Para a seção de referência SRf-01, foi necessária a remoção de toda a estrutura do pavimento atingido a cota de 92cm. Na seção de referência SRf-02, foi removida parte da camada asfáltica, na cota de 8cm, também com emprego de fresadora.

Após a fresagem, a superfície foi varrida manualmente e limpa com escova mecânica, eliminando todo o material solto no fundo da caixa.

Algumas fotografias desta etapa são apresentadas a seguir.





6.2.2. Distribuição e Compactação do EME

O transporte da mistura de EME produzida foi realizado por caminhões basculantes cobertos por lona com a finalidade de reduzir a perda de temperatura durante seu transporte. O espalhamento da mistura nas seções experimentais foi executado por vibroacabadora sobre superfície fresada de estrutura remanescente com pintura de ligação RR-1C realizada com caminhão espargidor.

O processo de compactação da mistura de EME foi o mesmo adotado por JAMOIS et al (1998). A compactação iniciou com rolo de pneus e prosseguiu com rolo liso vibratório. Tal processo foi adotado pelo fato das seções experimentais terem sido executadas a noite a uma temperatura ambiente baixa, de 11°C em média, o que acelera a perda de calor da massa asfáltica, o dificulta a compactação. Cabe ressaltar que para misturas asfálticas de módulo elevado EME 2, o volume de vazio limite é de 6%.

A Tabela 6.3 relaciona a temperatura ambiente no dia em que cada seção experimental foi executada.

Tabela 6.3 – Temperatura ambiente na de execução do trecho experimental

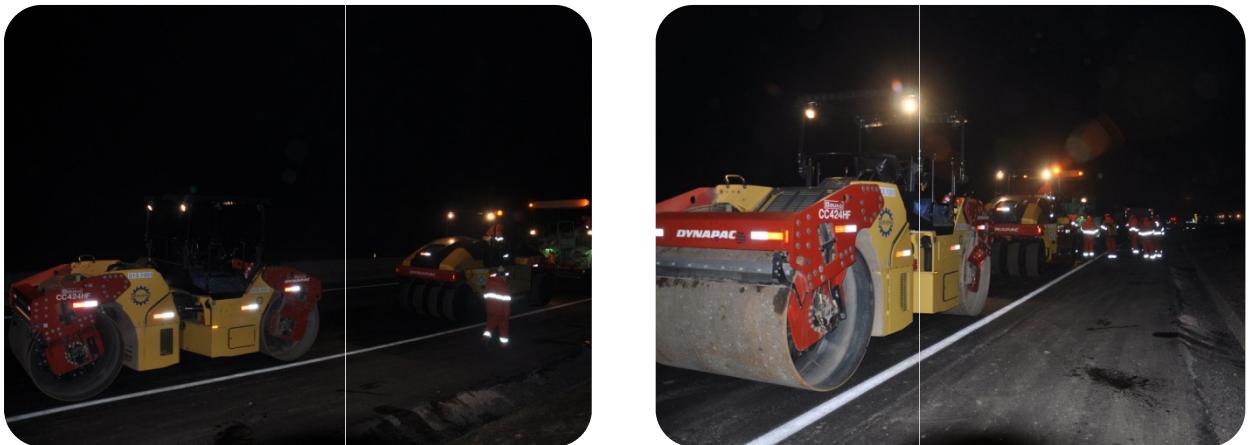
Intervenção	km		Extensão (m)	Data	Período	Temp. do Ar
	Início	Fim				
Reconstrução	171+000	170+800	200	13/08/2010	diurno	22°C
EME – 14cm	170+800	170+600	200	01/07/2010	noturno	9°C
EME – 11cm	170+600	170+400	200	02/07/2010	noturno	12°C
EME – 8cm	170+400	170+160	240	07/07/2010	noturno	11°C
CAP30/45– 8cm	170+160	170+020	140	13/08/2010	diurno	22°C

A temperatura de compactação variou de 160 a 175°C.

As camadas mais esbeltas de EME foram executadas em etapas. No caso da seção experimental de 14cm, foram executadas duas camadas de 7cm e para a seção experimental de 11cm, foi executada uma primeira camada de 6cm e logo após outra de 5cm. A seção experimental de 8cm foi executada em uma única camada.

A seguir são apresentadas algumas fotografias da execução das seções experimentais.





6.2.3. Sistema de Drenagem

Na seção de referência com estrutura de reconstrução, foi executado o dreno de fundo de caixa. Ao longo das demais seções, com as soluções de fresagem e recomposição, foi executado o dreno longitudinal de pavimento.

Para as seções experimentais com EME, foi executado também um dreno longitudinal profundo de proteção, na região em Corte, no final de agosto de 2010.

A seguir, são apresentadas fotografias dos dispositivos de drenagem executados.







6.2.4. Controle da Execução

Conforme documento do controle tecnológico em anexo verifica-se que o trecho executado encontra-se de acordo com as premissas estabelecidas neste estudo, foram respeitadas as espessuras definidas e a porcentagem de vazios ficou inferior a 6%, conforme descrito no item 5.2.2.

A porcentagem de vazios encontrada inferior a 6% reforça a definição do processo de execução, onde a eliminação da primeira etapa de conformação de material com o rolo liso não prejudicou o resultado do processo de compactação nem mesmo o acabamento final da superfície. A Figura 6.3 mostra o acabamento da superfície de EME.



Figura 6.3 – Acabamento da superfície de EME

6.2.5 Execução da Camada de Rolamento

Após a conclusão de todas as seções experimentais, foi executada a camada de rolamento constituída de uma mistura asfáltica de granulometria descontínua modificada com polímero denominada Gap-graded. Embora não apresente funções estruturais tão elevadas quanto a camada de EME, esta camada é fundamental para a composição da estrutura. A camada de EME por ser muito densa e com alto teor de ligante não resulta em uma superfície adequada ao tráfego. Para suprir esta deficiência funcional da camada de EME executa-se a camada de rolamento em Gap-graded modificado com polímero que, devido a sua macrotextura elevada, é responsável por uma boa aderência pneu-pavimento proporcionando segurança e conforto ao usuário.

As fotografias a seguir ilustram esta etapa.





7. RESULTADOS DAS ANÁLISES MECANÍSTICAS DO TRECHO EXPERIMENTAL

7.1. Levantamento Deflectométrico

As deflexões no trecho experimental foram determinadas pelo equipamento FWD (*Falling Weight Deflectometer*) modelo Kuab.

A seguir são apresentadas fotografias do levantamento realizado.



A campanha deflectométrica foi realizada em quatro estágios de levantamento. A Figura 7.1 representa de maneira esquemática os estágios que os levantamentos deflectométricos foram realizados. Todos os levantamentos deflectométricos, em todos os estágios com os respectivos dias em que as campanhas de levantamento das bacias de deflexão foram realizadas, encontram-se em anexo.

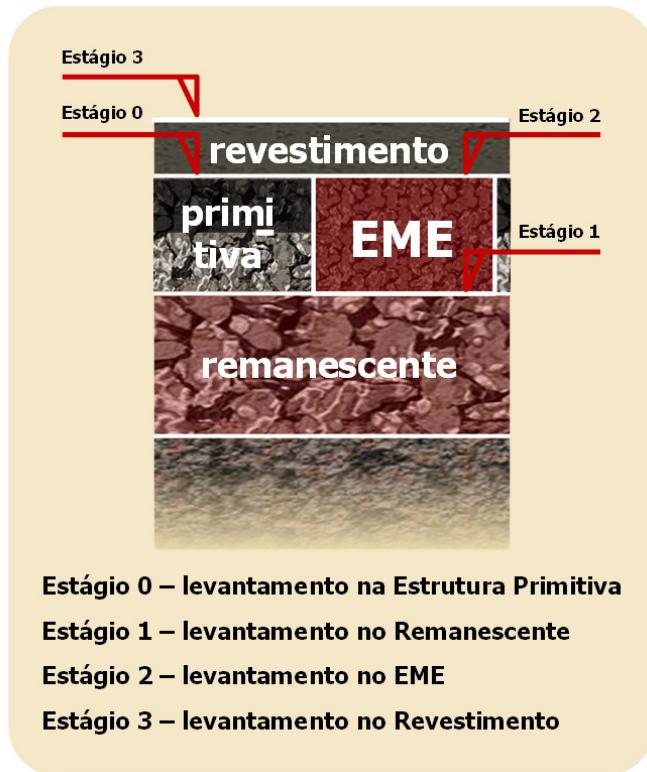


Figura 7.1 – Estágios dos levantamentos deflectométricos

Antes da realização da análise das medidas de deflexões, todas as bacias foram normalizadas segundo o carregamento e a temperatura. Quanto ao carregamento, por meio da proporcionalidade do carregamento efetivamente realizado na superfície do pavimento com o carregamento pré-definido de 4,1tf correspondente ao semi-eixo padrão. Quanto à temperatura, por meio da correção das medidas de deflexões segundo o AASHTO (1993), o qual fornece coeficientes que convertem a deflexão medida em campo, em diversas temperaturas, por deflexões a temperatura padrão de 20 °C.

7.2. Análise das Medidas de Deflexões

Para comparar os valores das medidas de deflexões nas seções experimentais a fim de avaliar a influência das características do pavimento construído, como o substrato remanescente à camada de EME, e as espessuras da camada de EME, foram elaborados gráficos para esclarecer se existem fatores intervenientes nas medidas de deflexões e como são suas repostas ante as estruturas executadas com camada de base em EME.

Primeiramente, é apresentada a Tabela 7.1 onde é definida a relação das faixas de valores deflectométricos que se enquadram os substratos remanescentes com ordem de grandezas similares.

Tabela 7.1 - Relação das faixas de valores deflectométricos para os substratos remanescentes

Faixa de Valor ($\times 10^{-2}$ mm)	
Mínimo	Máximo
10	30
30	50
50	70
70	90
90	110
> 110	

De posse destes valores, expõem-se as Figuras 7.10 a 7.12, onde são apresentadas as bacias deflectométricas em cada uma das seções executadas.

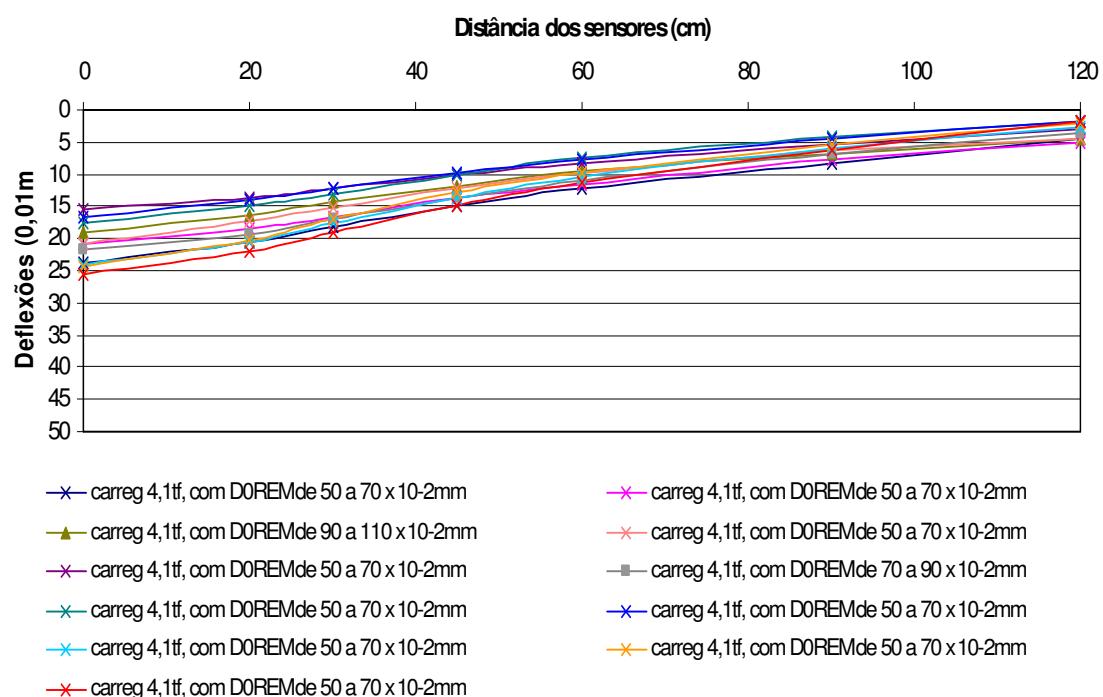
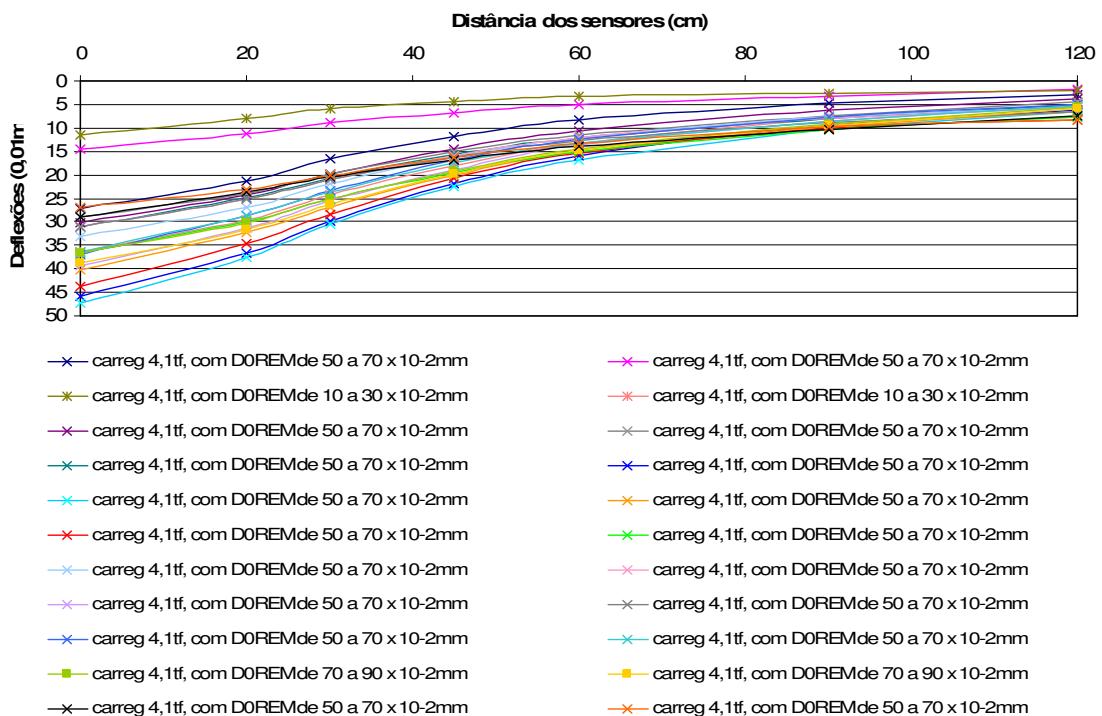
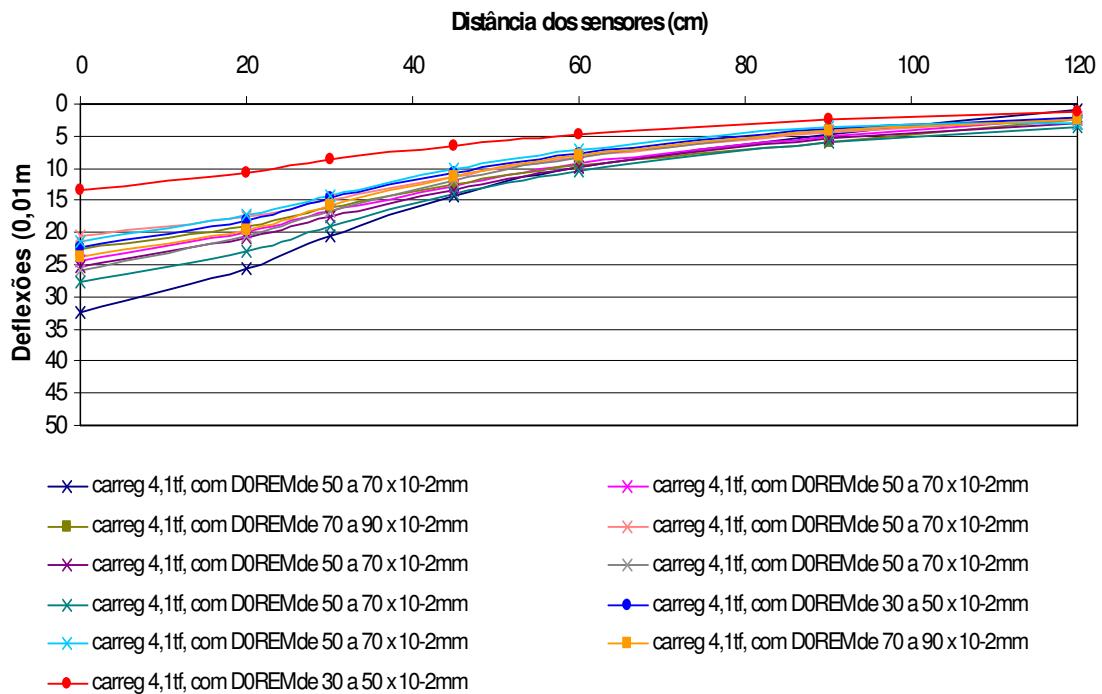


Figura 7.10 – Bacias de deflexões na seção de 14cm de EME da pista experimental, com intensidade de carregamento de 4,1tf



Ao comparar as medidas de deflexões nas camadas de EME assentadas em substratos remanescentes com mesma faixa de valores deflectométricos; ou seja, com capacidade de suporte equivalente; e diferentes espessuras (14, 11 e 8cm), nota-se que camadas de EME mais esbeltas sofrem maiores deslocamentos verticais que as mais espessas.

Observa-se que, para a espessura de 14cm de EME, as deflexões variaram de 15 a 25×10^{-2} mm; para a espessura de 11cm de EME, as deflexões variaram de 20 a 33×10^{-2} mm; e, para a espessura de 8cm de EME, as deflexões variaram de 25 a 48×10^{-2} mm. A partir dos dados da Tabela 7.2, analisando os valores deflectométricos superiores (Def. Sup.) de cada seção experimental com o modelo PRO-269/TECNAPAV (DNER, 1994b) , é possível constatar que todas seções experimentais têm boa suficiência estrutural, pois a vida útil supera a definida como projeto. Portanto, todas as seções experimentais de EME revelam que esta é uma técnica muito promissora.

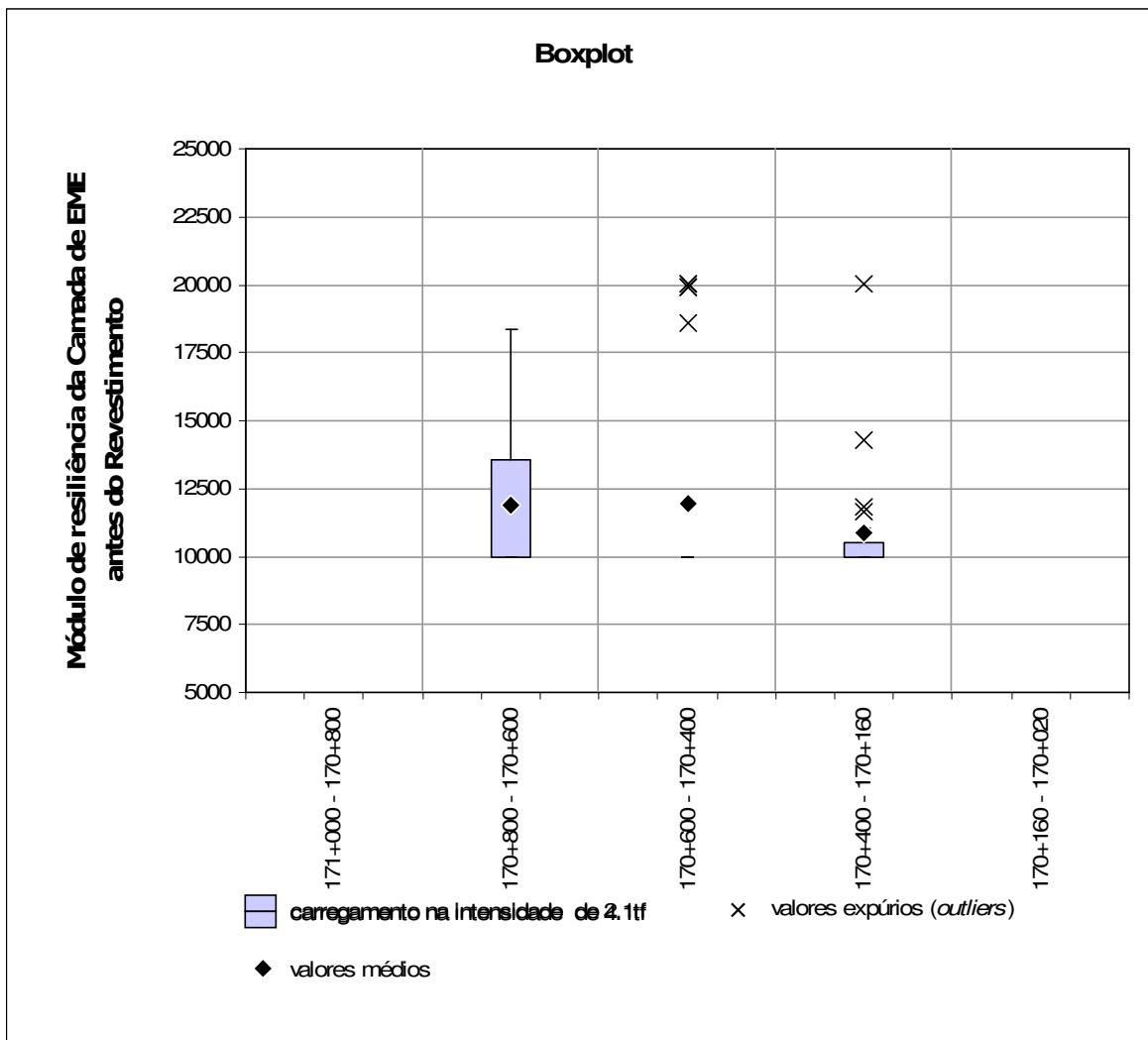
Tabela 7.2 – Vida útil analisada para as seções experimentais

Seção Experimental	km		Extensão (m)	Espessura de Fresagem	Def Sup (0,01mm)	Vida (anos) TECNAPAV
	Início	Final				
SEx-01	170+800	170+600	200	14cm	25	> 8
SEx-02	170+600	170+400	200	11cm	33	> 4
SEx-03	170+400	170+160	240	8cm	48	> 1

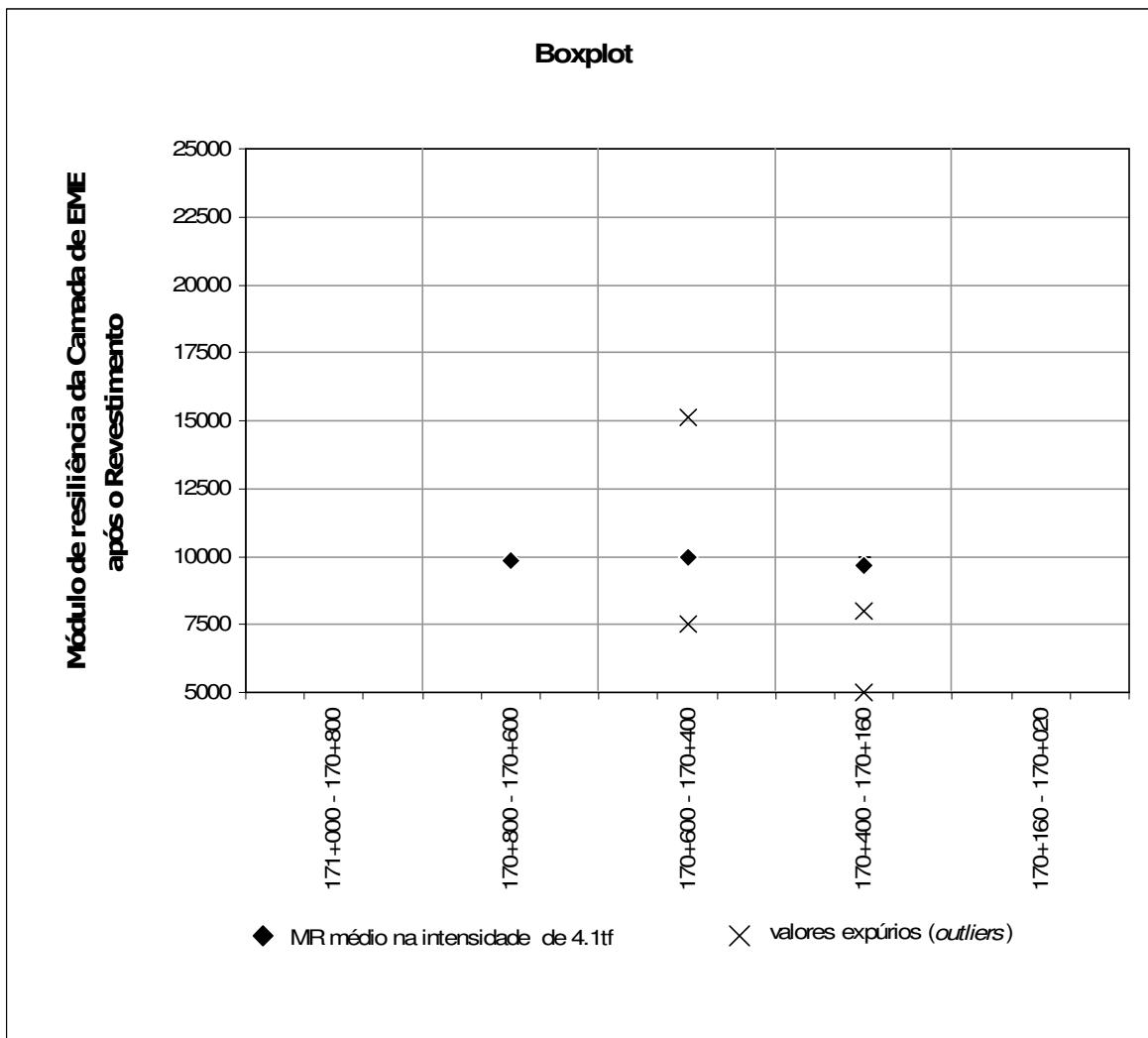
7.3. Retroanálises dos Módulos de Resiliência das Camadas de EME

Nas Figura 7.13 e 7.14 são apresentados os valores de módulo de resiliência das camadas de EME retroanalisados com as deflexões antes e após a execução do revestimento, respectivamente.

Todas as bacias deflectométricas, em todos os Estágios e em todas as intensidades de carga, foram retroanalisadas pelo programa computacional EVERCALC.



**Figura 7.19 – Módulo de resiliência da Camada de EME
antes da execução do Revestimento**



**Figura 7.20 – Módulo de resiliência da Camada de EME
após a execução do Revestimento**

O módulo de resiliência do EME retroanalisado variou na faixa de 10.000 a 20.000 MPa, para a situação antes da execução do revestimento, e se manteve de modo geral estabilizado em 10.000MPa, para a situação após a execução do revestimento. Entende-se que esta variação deve ser considerada normal por refletir valores paramétricos representativos para uma estrutura cuja camada de base é restaurada em EME. Durante a sua construção podem ocorrer variações da temperatura da mistura e da uniformidade da massa que são dependentes da forma de lançamento e da compactação, que certamente não é homogênea em pista.

No caso dos valores modulares, na situação após a execução da camada de revestimento, se estabilizaram em 10.000 MPa, um valor inferior àqueles

encontrados na situação anterior à execução do revestimento pode-se supor que esta redução esteja relacionada à questões de drenagem uma vez que o levantamento deflectométrico antes a execução da camada de revestimento foi executado em 19 de agosto de 2010 (período seco) e o levantamento após a execução da camada de revestimento foi executado em 19 de outubro de 2010 (período de precipitações), conforme dados em anexo. Segundo a base de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET⁷) os dados de precipitações da estação climatológica de Guarulhos revelam que o mês de agosto de 2010 foi um período seco com 0mm de chuva registrado. O mês de outubro do mesmo ano apresentou uma precipitação de 63,3mm.

⁷ Fonte: <http://www.inmet.gov.br/>

8. CONCLUSÕES

Até o estágio atual da presente pesquisa, é possível estabelecer as seguintes considerações:

- Primeiramente, pelas bibliografias consultadas confirmou-se a hipótese de que a adoção de misturas asfálticas de alto módulo é uma técnica promissora para estruturas de pavimento submetidas a tráfego pesado e intenso, tendo sido aplicada em diversos Países tanto em implantação de trechos novos quanto em trechos restaurados, ou seja, com a estrutura remanescente desgastada, além de demonstrar um bom desempenho quando da análise ao longo do tempo de serviço.
- Para o bom comportamento da estrutura com EME são requeridos cuidados desde a sua composição granulométrica o mais próxima da densidade máxima e a escolha do CAP duro (ou de seu modificador). Atentar para que nenhuma etapa do processo de formulação dessa mistura possa reagir negativamente na usinagem neutralizando suas propriedades de endurecimento, como é o caso da adição da Cal hidratada, comumente adotada em misturas convencionais a fim de melhorar a adesividade do agregado, que em experiências anteriores pode-se perceber, quando da adoção do ácido polifosfórico (PPA) como agente endurecedor há boa chance de haver a neutralização pela reação ácido-base.
- Atentar ao processo de usinagem e compactação controlando suas temperaturas e grau de compactação, além de avaliar periodicamente o trecho executado a fim de obter resultados com relação ao seu comportamento e proporcionar a melhoria em todos os processos da execução de trechos futuros.
- O CAP endurecido (ou modificado) é adequado para formulação de mistura asfáltica de alto módulo que tenham em sua composição agregados de baixa qualidade.

- O EME é uma alternativa que reduz os impactos ao meio ambiente, em relação às misturas convencionais, uma vez que permite ampliar os ciclos de manutenção de uma rodovia proporcionando a redução de intervenções. Em conseqüência disto, essa técnica gera menos passivo ambiental (entulhos de reconstrução), reduz a quantidade de materiais pétreos e de petróleo e também diminui a quantidade de energia despendida na usinagem ao longo de todo o ciclo de vida da estrutura.
- Para melhor validação dos modelos propostos para o dimensionamento desta estrutura há a necessidade de estudos complementares ao longo do período de vida útil da estrutura. No entanto, entende-se que estrutura constituída de camada de base em EME se demonstrou uma técnica adequada e de sucesso para restauração de pavimentos submetidos a tráfego pesado e intenso.

9. ENTIDADES COLABORADORAS

Agência:

ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres.

Concessionária:

Grupo CCR / NovaDutra / Centro de Pesquisas Rodoviárias / Engelog.

Consultoras / Prestadoras de Serviços / Construtoras:

PETROBRAS Distribuidora;

CENPES;

Usina Jambeiro da SERVENG-CIVILSAN;

SERVENG-CIVILSAN;

RACUM Tecnologia;

EPT;

LENC;

CIBERMÉTRICA.

Universidades

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Laboratório de Tecnologia de Pavimentação, com a participação da Profª. Titular Drª. Liedi Légi Bariani Bernucci.

Participação exclusivamente como orientadora de Doutorado do pesquisador deste Projeto de Pesquisa, participação sem remuneração à docente e sem financiamentos ou pagamentos para USP pela NovaDutra e pelo RDT/ANTT.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993. Guide for Design of Pavement Structures. Washington, D.C.
- AFNOR – Association Française de Normalisation, 1993a, NF P 98-252. Essais Relatifs aux Chaussées: Essai à la Presse à Cisaillement Giratoire (PCG), Association Française de Normalisation.
- AFNOR – Association Française de Normalisation, 1993, NF T 98-253-1. Préparation des Mélanges Hydrocarbonés, Partie 1: Essai d'Orniérage.
- AFNOR – Association Française de Normalisation, 1999, NF P 98-140, Enrobés Hidrocarbonés – Couches d'assises: Enrobés à Module Élevé (EME).
- AFNOR – Association Française de Normalisation, 1999b, NF P 98-141, Enrobés Hidrocarbonés – Couches de roulement et couches de liaison: bétons bitumineux à module élevé (BBME).
- ALBERNAZ, C. A. V., 1997. Método simplificado de retroanálise de módulos de resiliência de pavimentos flexíveis a partir da bacia de deflexão. Dissertação de Mestrado. COPPE – UFRJ. Rio de Janeiro, RJ.
- ASTM – American Society for Testing and Materials, 2009. Standard Test Method for Determining the Resilient Modulus of Bituminous Mixtures by Indirect Tension Test: D 7369-09 West Conshohocken, PA.
- BALBO, J.T.; RODOLFO, M. P., 2004. Estudo de deformações e tensões em pavimentos asfálticos perpétuos. In: 35a. Reunião Anual de Pavimentação, Rio de Janeiro. 35a RAPv, 2004. v. CD. 11 p.
- BERNUCCI, L. B., MOTTA, L. M. G., CERATTI, J. A. P. e SOARES, J. B., 2007. Pavimentação asfáltica. Formação básica para engenheiros. Petrobras. Abeda. Rio de Janeiro, 501p.
- BRANCO, F. E.F.; PEREIRA, P. A. A.; PICADO-SANTOS, L. G., 2006. Pavimentos rodoviários. P. 388. Coimbra, Portugal.
- BROSSEAUD, Y; DELORME, J-L.; HIERNAUX, R., 1993. Study of Permanent Deformations in Asphalt with Help of the LCPC Wheel Tracking Rutting Tester:

- Evaluation and Future Prospects. In 72nd Annual Meeting of Transportations Research Board, USA.
- BROSSEAUD,Y., 2002, "Les Enrobes Français: Panorama des Techniques Bitumineuses, Bilan de Comportement". 16º Encontro de Asfalto, Rio de Janeiro, RJ, Dezembro.
- BROSSEAUD,Y., 2006, "Les Enrobés à Module Eleve: Bilan de L' expérience de Française et Transfert de Technologie". 7º Congrès National de la Route, Maroc, Novembre.
- BROSSEAUD,Y., BOGDANSKI, B. e CARRÉ, D., 2003, Transfert de Technologie Réussi entre la France et la Pologne: Première Réalisation d'un Chantier de Reforcement Utilizant un Enrobé à Haut Module et un Béton Bituminex très Mince.
- BROWN, S., BRUNTON, J., STOCK, A., 1985. The analytical design of bituminous pavements. Proceedings of Institution of Civil Engineering, vol. 79, Part 2, pp 1-31, London.
- CAPITÃO, S., 2003. Caracterização mecânica de misturas betuminosas de alto módulo de deformabilidade. Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. Coimbra, Portugal.
- CAROFF, G. e CORTÉ, J. F. Les enrobés à module élevé. Revue Général des Routes et des Aérodromes, Spécial chaussées d'autoroutes. Paris, 1994.
- CLAESSEN, A., EDWARDS, J., SOMMER, P., UGÉ, P., 1977. Asphalt pavement design manual: the SHELL Method. Proceedings of 4th International Conference on Structural Design of Asphalt Pavements, University of Michigan, pp. 39-74, Ann Arbor-Michigan.
- CORTÉ, J-F., SERFASS, J-P., 2000, The French Approach to Asphalt Mixtures Design: a Performance-Related System of Specifications. Communication au TRB, Washington
- CORTÉ, J-F., 2001. Development and uses of hard grade asphalt and of high modulus asphalt mixes in France. Transportation Research Circular: Perpetual Bituminous Pavements, Washington, DC, n. 503, p. 12-31.

- CORTÉ, J-F.; BROSSEAUD, Y.; SIMONCELLI, J-P.; CAROFF, G., 1994. Investigation of rutting of asphalt surface layers: influence of binder and of configuration of axle loading. *Transportation Research Record*, Washington, DC, n.1436.
- CUNHA, A. P., 2003. Moradia social e indicadores ambientais: Uma proposta para Jacareí/SP. Campinas. 180p. Dissertação de Mestre. Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP.
- DELORME, J.L., GOYON, V. e GAVALDA, A., 1996. Asphaltic concrete with high modulus (EME): description, use, performance. In: Proceedings of 1st Eurasphalt & Eurobitumie Congress.
- DENIS NETO, J. B., 1996. Pelas Ruas da Cidade. Jacareí/SP: Edições Semanário, 127p.
- DES CROIX, P. e PLANQUE, L., 2004. Experience with optimised hard grade bitumens in high modulus asphalt mixes. In: Eurasphalt & Eurobitume Congress, 3, Viena, 2004. Proceedings... Bruxelas: EAPA, v.1, p.159-172.
- DNER – Departamento Nacional de Rodagem, 1994a. Pavimento. Determinação das deflexões pela viga benkelman: DNER-ME 024/94.
- DNER – Departamento Nacional de Rodagem, 1994b. Projeto de restauração de pavimentos flexíveis - TECNAPAV: DNER-PRO 269/94.
- DNER – Departamento Nacional de Rodagem, 1979. Avaliação estrutural de pavimentos flexíveis – Procedimento-B: DNER-PRO 011/79.
- DNIT – Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes, 2003a. Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos terminologia: DNIT 005/2003 TER.
- DNIT – Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes, 2003b. Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Procedimento: DNIT 006/2003 PRO.
- DNIT – Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes, 2003c. Levantamento para avaliação da condição de superfície de subtrecho homogêneo de rodovias de pavimentos flexíveis e semi-rígidos para gerência de pavimentos e estudos e projetos - Procedimento: DNIT 007/2003 PRO.
- FEE, F. (2002). Extended Life Asphalt Pavement: New Approaches to Increase Durability. *Asphalt Review Online*, Volume 21, No 1, May. Australian Asphalt Pavement Association (AAPA).

Disponível em: <<http://www.aapa.asn.au/docs/review3.html>>. Acesso em: 08 de junho de 2008.

FREITAS, H. B., 2007, Misturas Asfálticas de Módulo Elevado com uso de Escória de Aciaria como Agregado. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

FREITAS, H. B.; MOTTA, L. M. G., 2008, Uso de Escória de Aciaria em Misturas Asfálticas de Módulo Elevado. Transportes (Rio de Janeiro), v. 16, p. 16-25.

GLITA, S., MARCHAL, J-L., 2000. BBHR - béton bitumineux haute rigidité: Expérience en Belgique.

HAAS, R. e HUDSON, W. R., 1978. Pavement management systems. New York: McGraw Hill. 457 p.

HUANG, Y. H., 2004. Pavement Analysis and Design. 2nd Ed. Pearson Prentice Hall, 775p.

The Asphalt Institute, 1982. Research and development of the asphalt institute's thickness design manual. Manual Series nº 1, 9th ed. College Park.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2002. Base de Informações por Setor Censitário. Censo Demográfico 2000. Rio de Janeiro. CDrom.

JAE – JUNTA AUTONOMA DE ENGENHARIA, 1998. Caderno de encargos; 03 – Pavimentação. Volume V, Almada

JAMOIS, D., VANISCOTE, J-C., JOLIVET, Y., MALOT, M., 2000. Development of a concept of very high modulus bituminous macadam for pavement base courses, 2nd Eurasphalt & Eurobitume Congress, Vol. II, EAPA e Eurobitume, Barcelona. pp. 268-279.

JAMOIS, D., MALOT, M., BERGER, J., LEGREVE, A, 2002. Expérimentation d'enrobés bitumineux à hautes performances pour couches d'assises et de roulements construction neuve sur le site d'une station d'essence (E19-Nivelles).

KIM, Y.R., Lee, Y., e RANJITHAN, S. R., 2000. Flexible pavement condition evaluation using deflection basin parameters and dynamic finite element analysis implemented by artificial neural networks. Nondestructive Testing of Pavements and Backcalculation of Moduli: Thrid Volume, ASTM STP 1375, S. D. Tayabji and E. O. Lukanen, Eds, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, pp 514 – 530.

- KOBISCH, R., GRAMSAMMER, J., KERZRÉHO, J-P., MALOT, M., JOLIVET, Y., VANISCOTE, J-C., "Modulotal TE2: Développement d'un bitume pour enrobé à module très élevé en assise de chaussée - Expérimentation. sur le manègede fatigue du LCPC, Revue Générale des Routes et des Aérodromes, Janeiro, Nº 747, RGRA, 1997, pp. 37-49.
- KÖPPEN, W., 1931. Grundriss der Klimakunde. Walter D E Guyter & Co. Berlin. 390p
- KOPPERMAN, S., TILLER, G., e TSENG, M., 1986. ELSYM-5: interactive microcomputer version user's manual: IBM PC and compatible version. Federal Highwal Administration, Report no. FHWA-TS-87-206, Final Report, dec. Washington, D.C.
- LAUTIER, G., RENIÉ, E., VERHÉE, F., 1991. Exemple d'optimisation d'une structure souple: La RD 570 dans les Bouches-du-Rhône", Revue Général des Routes et des Aérodromes, Nº 684, Novembro, RGRA. pp. 80-81.
- LESAGE, J., 1993. Intérêt d'un liant de faible pénétration pour structurer les corps de chaussées en construction neuve ou en entretien: mode d'évaluation en laboratoire, 5th Eurobitume Symposium, Vol II, Estocolmo, pp. 536-45.
- LESAGE, J., GRIMAUD, J. P. e HIERNAUX, R., 1993. Des couches de roulement épaisse, renforçantes et antiornierantes, Revue Général des Routes et des Aérodromes, Maio, Nº 707, RGRA, pp. 35-41.
- LESSA, S. N., 2001. São José dos Campos: o planejamento e a construção do polo regional do Vale do Paraíba. Campinas. 210p. Tese de Doutorado. Instituto de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP.
- MAGALHÃES, S., 2004, Misturas asfálticas de módulo elevado para pavimentos de alto desempenho. 197 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- MARSOT, A., 1993. Enrobés à haut module et liants modifiés. Revue Général des Routes et des Aérodromes, Outubro, Nº 711, RGRA, pp. 39-41.
- MEDINA, J., e MOTTA, L. M. G., 2005. Mecânica dos pavimentos. 2. ed. Rio de janeiro: UFRJ. 2005. 570 p.
- MONTEPARA, A. e TEBALDI, G., 1999. Performance of high modulus bituminous mixtures for base courses. In: Proc. 3rd European Symposium. Performance

- and Durability of Bituminous Materials and Hidraulic Stabilised Composites. pp 221-238. Leeds, Inglaterra.
- MONTGOMERY, D.C., e RUNGER, G.C., 1999. Applied Statistics and Probability for Engineers. New York: John Wiley, 2nd Ed.
- NAGAO, E. M., 2001. Considerações de parâmetros de curvatura da bacia de deformação e do número estrutural no dimensionamento de reforço de pavimentos flexíveis. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 196 p.
- NCHRP – National Cooperative Highway Research Program. Research Results Digest Number 285, 2004. Laboratory Determination of Resilient Modulus for Flexible Pavement Design.
- PARIZÉ, E., BEZAVADA, V., DESMOULIN D., et al, 1998, Emploi des matériaux à module élevé das les structures de chaussées aéroportuaires. RGRA nº 767, novembro.
- PAÚL, I., SOUSA, J., 1999. Formulação de uma mistura betuminosa de alto módulo com base em ensaios de performance, 10º Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto, Vol. I, Asociación Espanola de la Carretera, Sevilha, pp. 443-454.
- PERRET, J.; OULD-HENIA, M.; DUMONT, A.-G., 2004 High modulus pavement design using accelerated loading testing (ALT). In: Eurasphalt & Eurobitume Congress, 3., 2004, Vienna. Proceedings. Vienna: EAPA. vol. 1, p. 203-212.
- PMJ - Prefeitura do Município de Jacareí, 2006. Plano municipal de redução de risco. Apoio à prevenção e erradicação de riscos em assentamentos precários. Agosto.
- PMSP. Prefeitura Municipal de São Paulo. Secretaria de Infra-estrutura Urbana, 2002. Instruções de projeto – Portaria 248/SIURB-G/2002. IP-08: Análise mecanistica à fadiga de estruturas do pavimento, pp. 173-183.
- ROCHA, D., 1994. Experiencia española, Jornadas sobre Mezclas de Alto Modulo, Madrid.
- RGRA – REVUE GÉNÉRAL DES ROUTES ET DES AÉRODROMES, 2005. Les Enrobés Bitumineux. vol. 2, 381 p. Paris : RGRA.
- ROHDE, L., 2007. Estudo de misturas asfálticas de módulo elevado para camadas estruturais de pavimentos. Tese de Doutorado, PPGEC / Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 246 p.

- SERFASS, J-P., BENSE, P. e PELLEVOISIN, P., 1997, Properties and New Developments of High Modulus Asphalt Concrete. In: 8º International Conference on Asphalt Pavements, v. 1, pp. 325-333, Seattle, Washington, USA.
- SETRA - Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes, 1997. Les enrobés à module élevé. Note d'information, Bagneux, n.96, 6p..
- SETRA e LCPC – Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes e Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, 1998. Catalogue des structures types de chaussées neuves. Bagneux : Ministère de L'Equipement, des Transports et du Logement.
- SUZUKI, C. Y., 1992. Contribuição ao estudo de pavimentos rodoviários com estrutura invertida (sub-base cimentada). Tese de Doutorado em Engenharia Civil – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 280 p.
- VAL MELÚS, M. A., , 1996 Contribution à la mise au point d'un nouveau matériau de construction des chaussées - L'enrobé bitumineux à haut module pour couche de base, Bulletin des Liaisons du Laboratoire des Ponts et Chaussées, No. 204, Julho-Agosto, LCPC, pp. 43-52.
- VÉRHÉE, F., DELORME, J., 1991. Enrobés classiques et à module élevé: bilan de comportement des enrobés à module élevé, Bulletin des Liaisons, nº 172, LCPC, Março-Abril, pp.43-6.
- VILLELA, A.R.A.; SUZUKI, C. Y.; BERNUCCI, L. L. B.; QUINTANILHA, J.A.; ESCUDEIRO, M.S., 2009. Estudo de deflexões, tensões e deformações em estrutura com camada de módulo elevado: uma abordagem para projetos de restauração. In: XV CILA - Congresso Ibero-Latino-Americano do Asfalto, Lisboa, Portugal. v. 2. p. 863-872.
- VIVIER, M., DEGUINES, J., 1986. Les enrobés à haut module: application à la rocade sud de salbris, Revue Général des Routes et des Aérodromes, Nº 633, Setembro, RGRA, 1986, pp. 31-40.
- WSDOT - Washington State Department of Transportation. (1995). Pavement Guide for Design Evaluation and Rehabilitation.
- YODER, E. J., e WITCZAK, M. W., 1975. Principles of pavement design. 2nd Ed. New York: John Wiley & Sons, 711 p.

ANEXOS

Unifilar do Trecho experimental

Rodovia: Presidente Dutra (BR-116)

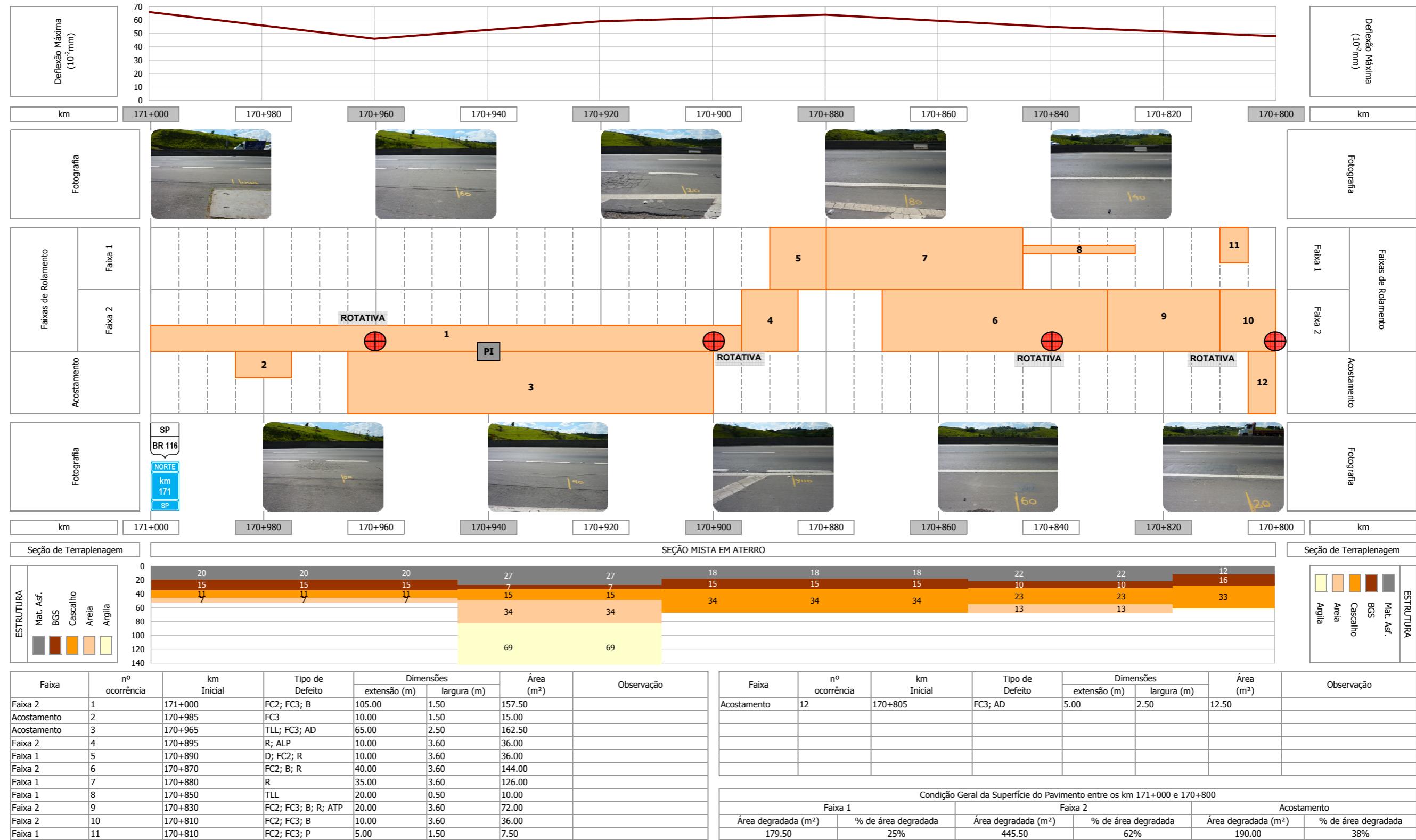
Município: Jacareí

LEVANTAMENTO VISUAL DETALHADO DE DEFEITOS - LVD

Estado: São Paulo

Trecho: entre os km 171+000 e 170+020 Pista: Norte

Data: 18 de março de 2010



Rodovia: Presidente Dutra (BR-116)

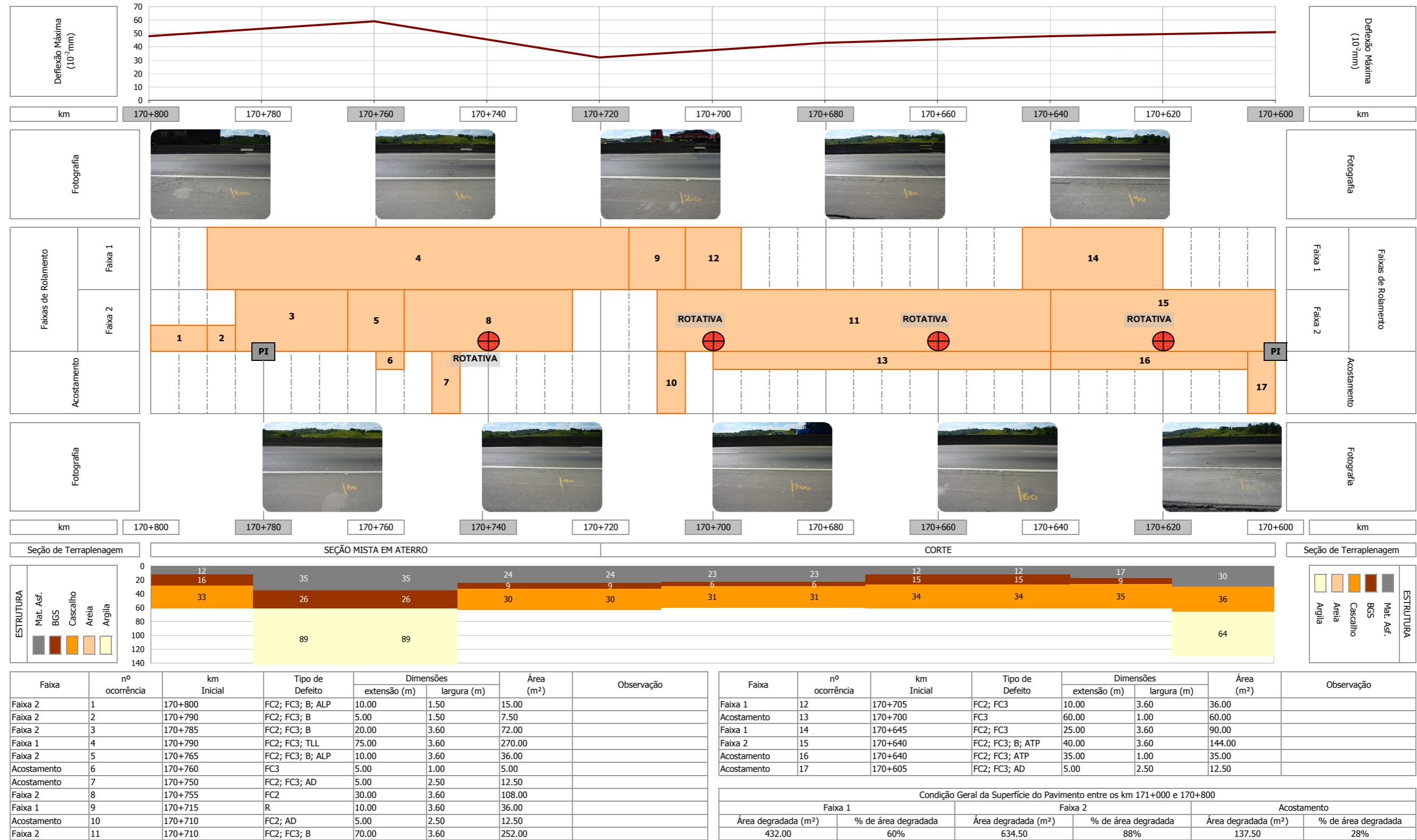
Município: Jacareí

LEVANTAMENTO VISUAL DETALHADO DE DEFEITOS - LVD

Estado: São Paulo

Trecho: entre os km 171+000 e 170+020 Pista: Norte

Data: 18 de março de 2010



Rodovia: Presidente Dutra (BR-116)

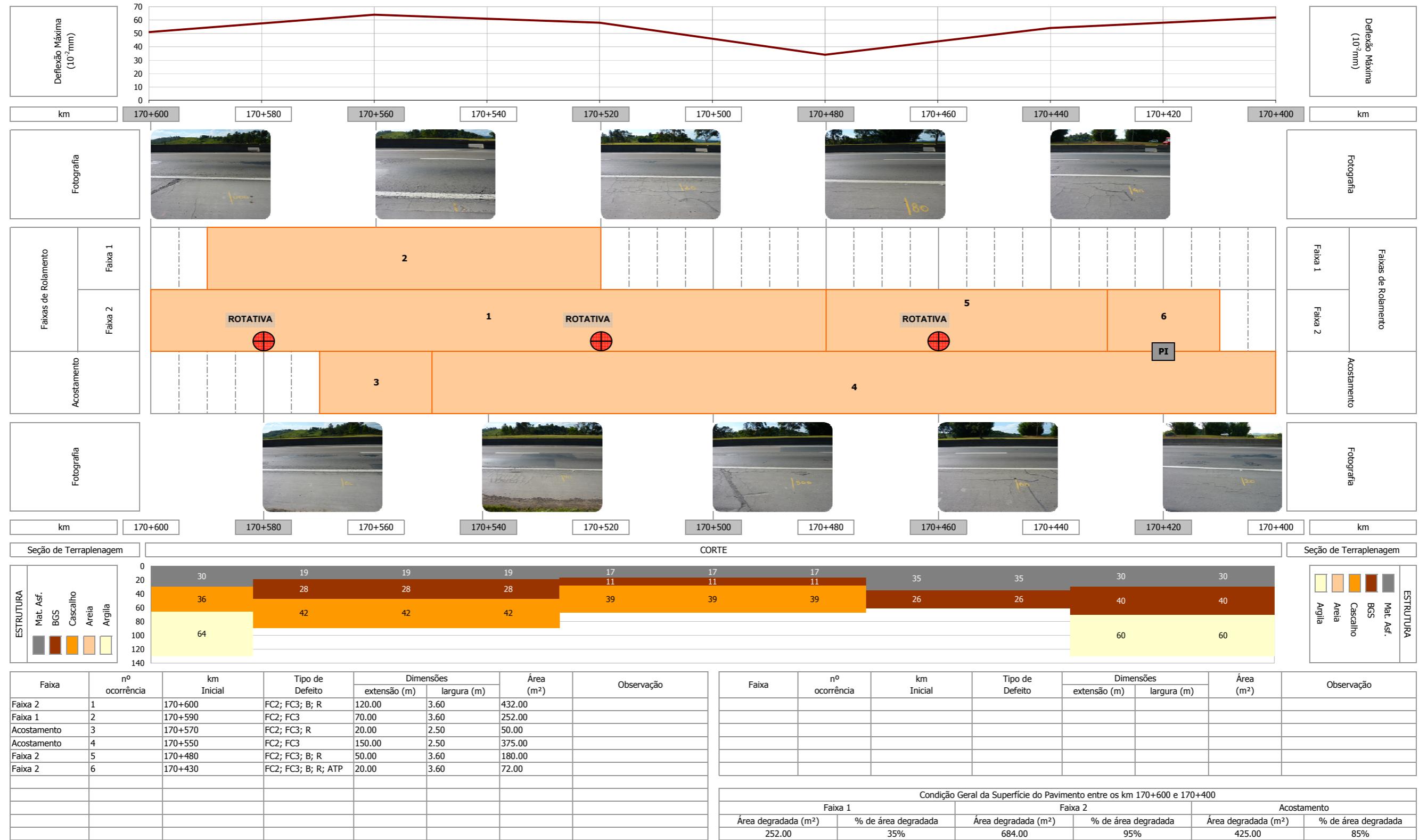
Município: Jacareí

LEVANTAMENTO VISUAL DETALHADO DE DEFEITOS - LVD

Estado: São Paulo

Trecho: entre os km 171+000 e 170+020 Pista: Norte

Data: 18 de março de 2010



Rodovia: Presidente Dutra (BR-116)

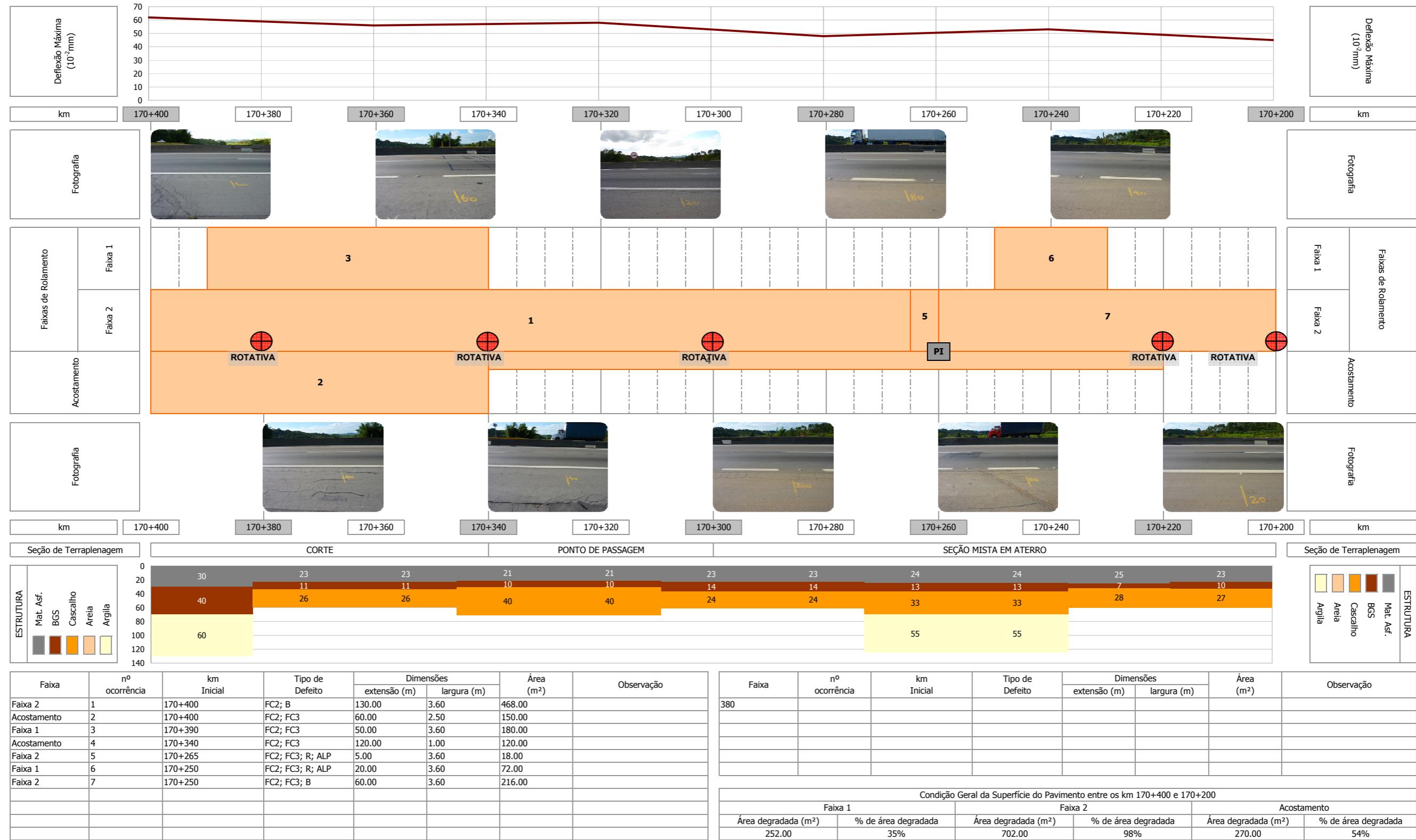
Município: Jacareí

LEVANTAMENTO VISUAL DETALHADO DE DEFEITOS - LVD

Estado: São Paulo

Trecho: entre os km 171+000 e 170+020 Pista: Norte

Data: 18 de março de 2010



Rodovia: Presidente Dutra (BR-116)

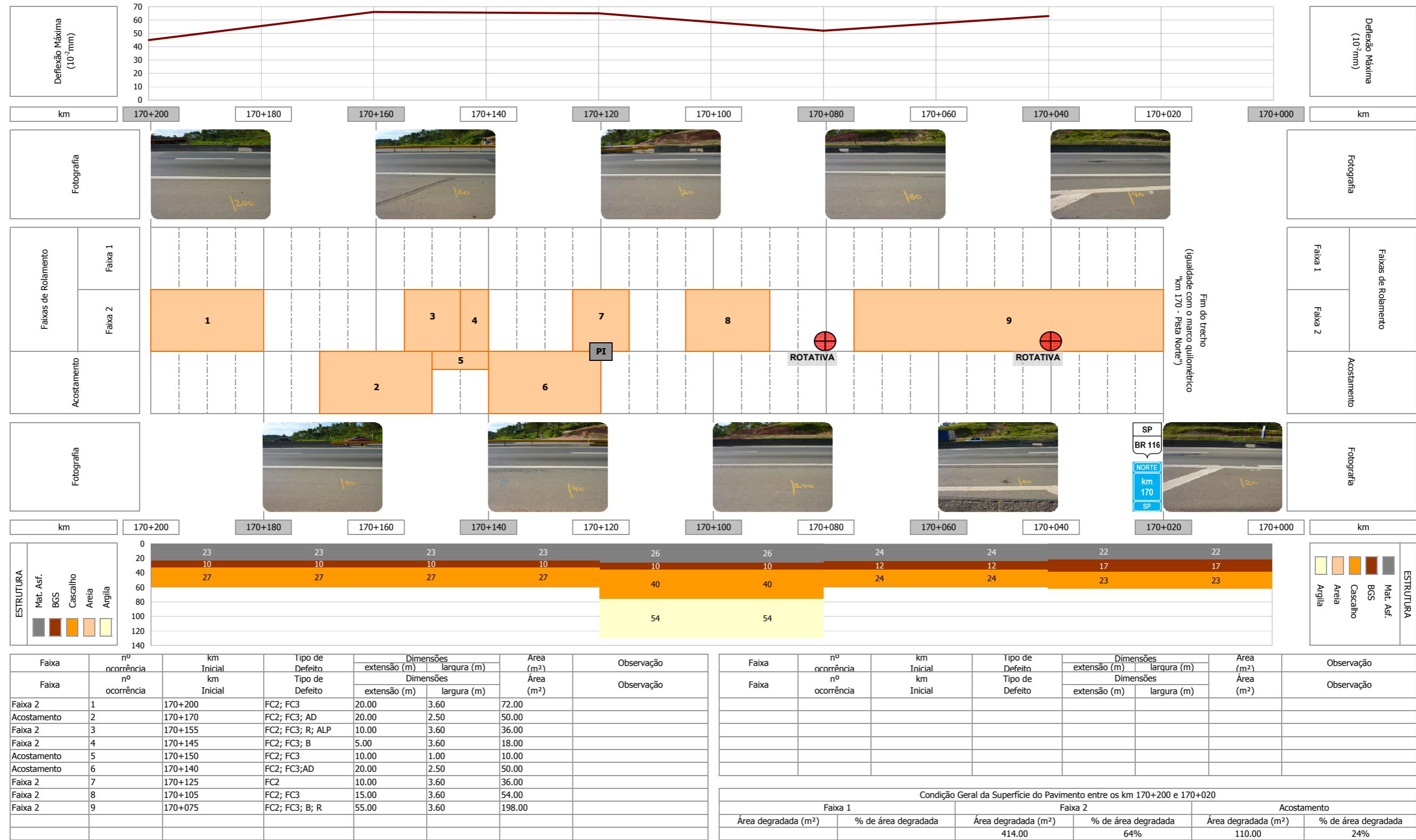
Município: Jacareí

LEVANTAMENTO VISUAL DETALHADO DE DEFEITOS - LVD

Estado: São Paulo

Trecho: entre os km 171+000 e 170+020 Pista: Norte

Data: 18 de março de 2010



Caracterização do Ligante pela Petrobras

CERTIFICADO DE QUALIDADE

CENTRO 5381 – FASFVAP - FÁBRICA EMULSÕES ASFÁLTICAS DO VALE DO PARAÍBA.

Amostra

Data emissão: 14 DE JUNHO DE 2010.

Cliente: CCR - Nova Dutra

Dados do Produto

Nome produto: CAPFLEX-AM.

Característica	UNIDADE	ESPECIFICAÇÃO LIM.INF / LIM.SUP.	RESULTADO	MÉTODO
Penetração (100g, 25°C, 5 seg)	dmm	10 25	15	NBR-6576.
Ponto de amolecimento	°C	70 - -	79	NBR-6560.
Recuperação elástica	%	70 - -	79.5	DNER-ME 382/99.
Viscosidade Brookfield 135°C (6,0 rpm, sp 31)		- - 5000	4995	NBR-15184.
Viscosidade Brookfield 150°C (6,0 rpm, sp 31)		- - 3000	2190	NBR-15184.
Viscosidade Brookfield 175°C (6,0 rpm, sp 31)		- - 1500	910	NBR-15184.

Químico Responsável:
GERALDO HELCIO DA SILVA
CRQ/RJ 03413730 – 3ª região

Os resultados deste certificado de qualidade referem-se amostra acima especificada. Este certificado só pode ser reproduzido integralmente e com autorização do responsável pelo conteúdo.

Caracterização do Ligante pelo CPR

	Concessionária NovaDutra Rodovia Presid. Dutra (BR-116) Regional S.Paulo	DATA DA EMISSÃO 07/07/2010
DATA DA COLETA: 30/06/2010	CARACTERIZAÇÃO DE CAP CAPFLEX - AM	CERTIFICADO 0671/2010

CONSTRUTORA: SERVENG CIVILSAN

CERTIFICADO PETROBRÁS CAPFLEX-AM

USINA: JAMBEIRO

PROCEDÊNCIA: PETROBRÁS FASFVAP

RESPONSÁVEL PELA AMOSTRAGEM: BARBA

Item	Características	Unidades	Resultados	Especificação	Métodos de
				CAPFLEX-AM	Ensaios
5	Densidade	g/dm ³	1,018	-	DNIT ME-193
9	Recuperação Elástica por Torção	%	45	MÍNIMO 45	NLT-329/91
13	Penetração (100g, 5s, 25°C) (Pen)	0,1mm	20	10 a 25	NBR 6576
14	Ponto de Amolecimento (Pa)	°C	78	MÍNIMO 70	NBR 6560

DATA 07/07/2010

A AMOSTRA FOI COLETADA NO TANQUE COM RESÍDUO DE OUTRO CAP COMUM (MISTURADO)

CÓPIA ELETRÔNICA ORIGINAL ASSINADA POR

VALÉRIA FARIA

Coordenadora do Centro de Pesquisa

	Concessionária NovaDutra Rodovia Presid. Dutra (BR-116) Regional S.Paulo	DATA DA EMISSÃO 07/07/2010
DATA DA COLETA: 29/06/2010	CARACTERIZAÇÃO DE CAP CAPFLEX - AM	CERTIFICADO 0672/2010

CONSTRUTORA: SERVENG CIVILSAN

CERTIFICADO PETROBRÁS CAPFLEX-AM

USINA: JAMBEIRO

PROCEDÊNCIA: PETROBRÁS FASFVAP

RESPONSÁVEL PELA AMOSTRAGEM: BARBA

Item	Características	Unidades	Resultados	Especificação	Métodos de
				CAPFLEX-AM	Ensaios
5	Densidade	g/dm ³	1,019	-	DNIT ME-193
9	Recuperação Elástica por Torção	%	35	MÍNIMO 45	NLT-329/91
13	Penetração (100g, 5s, 25°C) (Pen)	0,1mm	19	10 a 25	NBR 6576
14	Ponto de Amolecimento (Pa)	°C	78	MÍNIMO 70	NBR 6560
DATA 07/07/2010					
A AMOSTRA NÃO ATENDE A ESPECIFICAÇÃO NO ÍTEM Recuperação Elástica			CÓPIA ELETRÔNICA ORIGINAL ASSINADA POR VALÉRIA FARIA Coordenadora do Centro de Pesquisa		

	Concessionária NovaDutra Rodovia Presid. Dutra (BR-116) Regional S.Paulo	DATA DA EMISSÃO 28/10/2009
DATA DA COLETA: 20/09/2009	CARACTERIZAÇÃO DE CAP ALTO MÓDULO	CERTIFICADO 1147/2009

PESQUISA: ASFALTO ALTO MÓDULO

RESPONSÁVEL PELA AMOSTRAGEM: Assis

Item	Características	Unidades	Resultados	Especificação	Métodos de
				CAP 30-45	Ensaios
3	FAIXA DE TEMPERATURA PARA MISTURA	°C	193 a 200	-	-
4	TEMPERATURA MÍNIMA PARA COMPACTAÇÃO	°C	180	-	-
5	Densidade	g/dm ³	1,015	-	DNIT ME-193
6	Viscosidade Saybolt-Furol a 135°C	s	1144	MÍNIMO 192	NBR - 14950
7	Viscosidade Saybolt-Furol a 150°C	s	509	MÍNIMO 90	NBR - 14950
8	Viscosidade Saybolt-Furol a 177°C	s	175	40 - 150	NBR - 14950

Valor da Viscosidade já corrigido pelo Fator de Correção Conforme ANEXO B - TABELA B1 da NBR 14950/2003 = 0,93

9	Penetração (100g, 5s, 25°C) (Pen)	0,1mm	13	30 - 45	NBR 6576
10	Ponto de Amolecimento (Pa)	°C	73	MÍNIMO 52	NBR 6560
11	Índice de Susceptibilidade Térmica (/)	-	0,4	-1,5 < I < 0,7	ANP-R19
12	Espuma a 177°C	-	NEGATIVO	NEGATIVO	ANP-R19

$$I = \frac{(500 \log Pen) + (20 Pa) - 1951}{120 - (50 \log Pen) + Pa}$$

DATA 28/10/2009

	CÓPIA ELETRÔNICA ORIGINAL ASSINADA POR VALÉRIA FARIA Coord. Centro de Pesquisa	

Projeto de Mistura

DOSAGEM DE CONCRETO ASFÁLTICO (CA)

EME 0/14 - FAIXA FRANCESA

Dosagem: CCR-JBR-EME-014/2010 - SEM CAL de 25/05/2010

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA PARA PROJETO DE MISTURAS ASFÁLTICAS A QUENTE
EN-000/00-0000.00-GER-A1-PV/ET-E-001-R7

AGREGADOS : PEDREIRA JAMBEIRO
ESPECIFICAÇÃO EME 0/14

A ESPESSURA DA CAMADA COMPACTADA NA PISTA DEVE SER DE 5 A 8 cm. NÃO SERÃO ADMITIDAS ESPESSURAS FORA DESTE INTERVALO.

VALORES ENCONTRADOS PARA TEOR ÓTIMO EM PESO DE ASFALTO ADICIONADO (AASHTO R-35)			5,8%
COMPOSIÇÃO DA MISTURA SECA			CAP - ALTO MÓDULO
JAMBEIRO	BRITA 1	11,0%	10,4%
JAMBEIRO	PEDRISCO	28,0%	26,4%
JAMBEIRO	PÓ DE PEDRA	61,0%	57,5%
TOTAL		100,0%	5,8%
TOTAL GERAL			100,0%

As porcentagens de agregados indicadas são válidas para as granulometrias dos agregados utilizados para a elaboração da dosagem e devem ser ajustadas em função das granulometrias dos agregados disponíveis no estoque em cada dia de produção da usina, para manter a granulometria resultante fielmente na faixa de trabalho definida.



GRUPO CCR

DOSAGEM DE CONCRETO ASFÁLTICO (CA)

EME 0/14 - FAIXA FRANCESA

Dosagem: CCR-JBR-EME-014/2010 - SEM CAL de 25/05/2010

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA PARA PROJETO DE MISTURAS ASFÁLTICAS A QUENTEN-000/00-0000.00-GER-A1-PV/ET-E-001-R7

R E S U M O D O P R O J E T O

COMPOSIÇÃO DA MISTURA			SÉCA	5,8%
ORIGEM DO MATERIAL	TIPO	Local de coleta:		
PEDREIRA JAMBEIRO	BRITA 1	DEPÓSITO DA USINA	11,0%	10,4%
PEDREIRA JAMBEIRO	PEDRISCO	DEPÓSITO DA USINA	28,0%	26,4%
PEDREIRA JAMBEIRO	PÓ DE PEDRA	DEPÓSITO DA USINA	61,0%	57,5%
DIVERSOS	CAP - ALTO MÓDULO			5,8%
	TOTAL		100,0%	100,0%

As porcentagens de agregados indicadas são válidas para as granulometrias dos agregados utilizados para a elaboração da dosagem e devem ser ajustadas em função das granulometrias dos agregados disponíveis no estoque em cada dia de produção da usina, para manter a granulometria resultante fielmente na faixa de trabalho definida.

As granulometrias foram realizadas por via úmida (LAVADAS) - AASHTO T-27 e AASHTO T-11

GRANULOMETRIA DA MISTURA DOS AGREGADOS - EME 0/14 - FAIXA FRANCESA						
PENEIRA	mm	OBTIDO	FAIXA DE TRABALHO	LIMITES	EME 0/14 - FAIXA FRANCESA	
3/4"	19,10	99	92	100	± 7	100
5/8"	16,00	97	90	100	± 7	99
1/2"	12,50	93	86	100	± 7	95
3/8"	9,50	89	82	96	± 7	87
1/4"	6,40	68	63	73	± 5	73
Nº 4	4,76	61	56	66	± 5	62
Nº 10	2,00	39	34	44	± 5	35
Nº 40	0,42	22	19	25	± 3	14
Nº 80	0,18	14	12	16	± 2	9
Nº 200	0,08	7	5	9	± 2	7
						9

ESPECIFICAÇÃO

EME 0/14			MÍNIMO	MÁXIMO
VALORES ENCONTRADOS PARA TEOR ÓTIMO EM PESO DE ASFALTO ADICIONADO (AASHTO R-35)		5,8%	5,6%	6,0%
TEOR ÓTIMO DE ASFALTO EFETIVO, APÓS 2h DA MISTURA (AASHTO R-35)		5,4%	-	-
ABSORÇÃO DE ASFALTO PELO AGREGADO (AASHTO R-35)		0,4 %	-	-
DENSIDADE DO ASFALTO CAP - ALTO MÓDULO (AASHTO T-228)		1,016 g/cm ³	-	-
TAMANHO MÁXIMO NOMINAL DO AGREGADO COMBINADO PARA 90% PASSANDO (mm) (AASHTO M-323)		19,0 mm	-	-
ESPECIFICAÇÃO DA ESPESSURA DA CAMADA COMPACTADA NA PISTA (cm)			5,0	8,0
DENSIDADE APARENTE (SSS) DOS AGREGADOS COMBINADOS *(MS-4) Cap.4		2,630 g/cm ³	-	-
DENSIDADE EFETIVA DOS AGREGADOS COMBINADOS *(MS-4) Cap.4		2,661 g/cm ³	-	-
DENSIDADE APARENTE DA MISTURA COMPACTADA (AASHTO T 166)		2,344 g/cm ³	-	-
DENSIDADE MÁXIMA DA MISTURA (SEM VAZIOS) *(MS-4) Cap.4		2,433 g/cm ³	-	-
TEOR DE VAZIOS DE AR (Va %) (AASHTO R-35)		3,6 %	3%	5%
VAZIOS DO AGREGADO MINERAL (VAM %) (AASHTO M-323)		16,1 %		-
VAZIOS CHEIOS DE ASFALTO (VCA %) (AASHTO M-323)		77,3 %		
RESISTÊNCIA a TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL DNIT - ME-138 - ASTM C 496		3,0 MPa	0,6%	-
RELAÇÃO FILLER / LIGANTE (AASHTO M-323)		2,6		
PORCENTAGEM DE ASFALTO EM VOLUME / VOLUME TOTAL DE MASSA (ADICIONADO)		13,9 %		

Os agregados foram fracionados (Segundo as porcentagens definidas), nas peneiras: 5/8"1/2" - 3/8" - 1/4" - Nº 4 - Nº 10 - - , para a preparação individual dos corpos de prova com altura de 6,35±0,13 cm.

A compactação, com 75 golpes por face do Corpo de Prova, bem como a Densidade Máxima da Mistura, foram executadas 2 horas após a mistura, conforme AASHTO R-30.

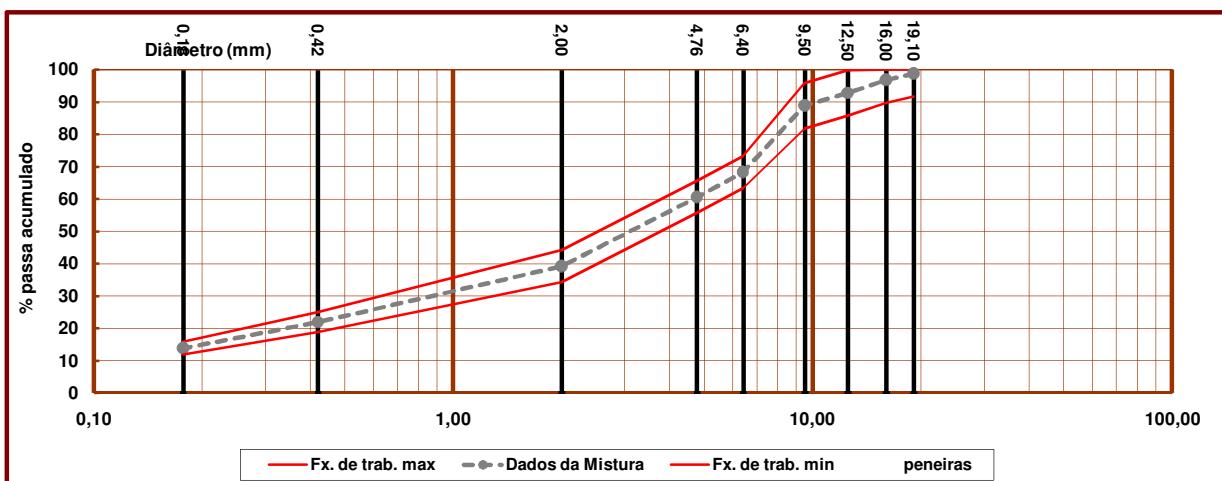
AS TEMPERATURAS DE MISTURA e COMPACTAÇÃO NA PISTA DEVEM SER INFORMADAS PELO FORNECEDOR DO LIGANTE MODIFICADO EM SEU CERTIFICADO QUE ACOMPANHA O PRODUTO.

*(MS-4) = INSTITUTO DE ASFALTO - MANUAL DE ASFALTO - SÉRIE Nº 4 - EDIÇÃO 1989 (Versão em português 2001 - Petrobras)

Dosagem: CCR-JBR-EME-014/2010 - SEM CAL de 25/05/2010

ESPECIFICAÇÃO EME 0/14

PENEIRA	mm	COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA			Dados da Mistura	Fx. de trab.	
		PEDREIRA JAMBEIRO	PEDREIRA JAMBEIRO	PEDREIRA JAMBEIRO		min	max
3/4"	19,10	88,9	100,0	100,0	98,8	92	100
5/8"	16,00	70,5	100,0	100,0	96,8	90	100
1/2"	12,50	34,8	100,0	100,0	92,8	86	100
3/8"	9,50	9,6	95,9	100,0	88,9	82	96
1/4"	6,40	1,5	33,0	96,6	68,3	63	73
Nº 4	4,76	0,9	15,2	92,2	60,6	56	66
Nº 10	2,00	0,5	3,2	62,7	39,2	34	44
Nº 40	0,42	0,4	1,7	35,0	21,9	18,9	24,9
Nº 80	0,18	0,4	1,2	22,2	13,9	11,9	15,9
Nº 200	0,08	0,3	0,7	10,9	6,9	4,9	8,9
DENSIDADE EFETIVA		2,663	2,660	2,661	2,661	*(MS-4) cap.4	
DENSIDADE REAL SECA		2,667	2,667	2,666	2,667		
DENSIDADE APARENTE (SSS)		2,639	2,624	2,632	2,630		
COMPOSIÇÃO DA MISTURA SECA		11,0%	28,0%	61,0%			
ASFALTO	5,8%	10,4%	26,4%	57,5%		100,0%	
Relação filler-ligante	(AASHTO M-323)					2,60	
Dens. real do asfalto CAP - ALTO MÓDULO (g/cm³)						1,016	
Densidade Efetiva dos AGREGADOS : PEDREIRA JAMBEIRO (g/cm³)						2,661	
Dens. Máxima Real da Mistura com 5,8% de asfalto (g/cm³)						2,433	
Asfalto Adicionado (%)	(AASHTO R-35)					5,8	
Absorção de asfalto (%)	(AASHTO R-35)					0,4	
Asfalto Efectivo (%)	(AASHTO R-35)					5,4	
TAMANHO MÁXIMO NOMINAL DO AGREGADO COMBINADO PARA 90% PASSANDO (mm) (AASHTO M-323)						19,0	
Exponencial da curva de Max. Densidade (AASHTO M-323) =						0,45	



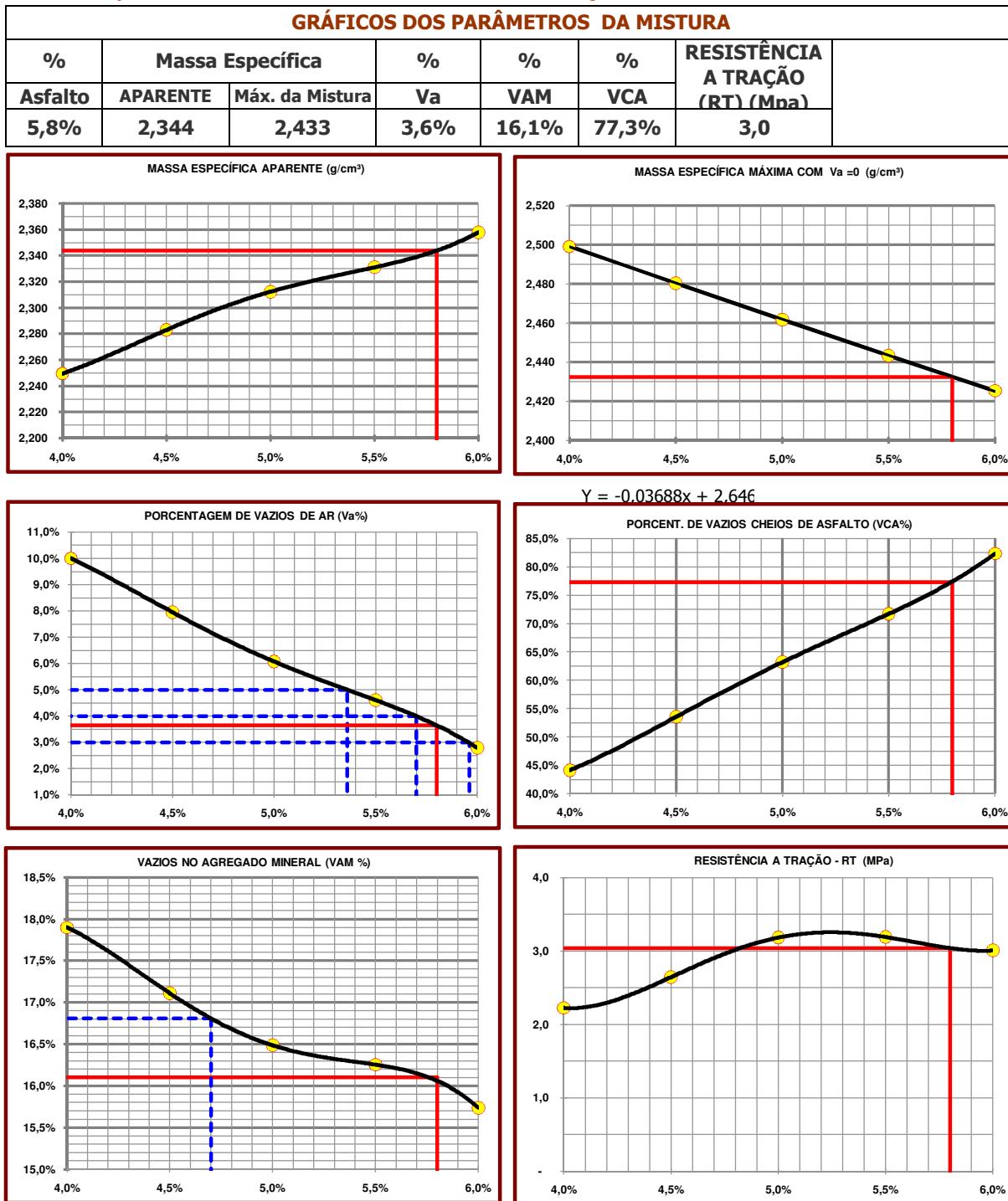
*(MS-4) = INSTITUTO DE ASFALTO - MANUAL DE ASFALTO - SÉRIE Nº 4 - EDIÇÃO 1989 (Versão em português 2001 - Petrobras)

As granulometrias foram realizadas por via úmida (LAVADAS)

As porcentagens de agregados indicadas são válidas para as granulometrias dos agregados utilizados para a elaboração da dosagem e devem ser ajustadas em função das granulometrias dos agregados disponíveis no estoque em cada dia de produção da usina, para manter a granulometria resultante fielmente na faixa de trabalho definida.

ESPECIFICAÇÃO EME 0/14

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA PARA PROJETO DE MISTURAS ASFÁLTICAS A QUENTEN-000/00-0000.00-GER-A1-PV/ET-E-001-R7



CAP - ALTO MÓDULO

CAP - ALTO MÓDULO

Os agregados foram fracionados (Segundo as porcentagens definidas), nas peneiras: 5/8"1/2" - 3/8" - 1/4" - Nº 4 - Nº 10 - - , para a preparação individual dos corpos de prova com altura de $6,35 \pm 0,13$ cm.

A compactação, com 75 golpes por face do Corpo de Prova, bem como a Densidade Máxima da Mistura, foram executadas 2 horas após a mistura, conforme AASHTO R-30.

Controle Tecnológico

 CCR <i>NovaDutra</i>	Concessionária NovaDutra Rodovia Presid. Dutra (BR-116) Regional S.Paulo km 170+700 ao km 170+320 -PISTA: NORTE - ACOSTAMENTO - CAMADA/CA												DATA DA EMISSÃO 23/07/2010			
DATA DA AMOSTRAGEM 30/06/2010		CONTROLE DE COMPACTAÇÃO E ESPESSURA ESPECIFICAÇÃO EME 0/14												CERTIFICADO NÚMERO 0700/2010		
CONSTRUTORA: PESQUISA - CAP ALTO MÓDULO CONCRETO ASFÁLTICO (CA) AGREGADOS da PEDREIRA JAMBEIRO		DATA DA APLICAÇÃO 30/06/2010						LOTE N° 1 ESPESURA DE PROJETO= 4 cm TRAÇO CCR-JBR-EME-014/2010 - SEM CAL						VAZIOS DE PROJETO (VP) = 4 % FAIXA FRANCESA		
OBSERVAÇÕES:- Corpos de prova entregues no CPR em 30/06/2010 - Resp.: Francisco Leite (Serveng) .								DENSIDADE MÁXIMA DA MISTURA (PROJETO)= 2,433 g/cm ³ (VV=0%) DENSIDADE APARENTE (COMPACTADA) DE PROJETO= 2,344 g/cm ³ (VV=4%)								
RESPONSÁVEL PELA AMOSTRAGEM: Francisco Leite														TEOR ÓTIMO DE CAP= 5,8 %		
C.P.Nº	km	IDENTIFICAÇÃO DO CORPO DE PROVA				DENSIDADE MÁXIMA DA MISTURA (DO DIA)	PESOS DO CORPO DE PROVA			VOLUME DO CP	DENSIDADE DE PISTA	% DE VAZIOS	ESPESURA DO CP (cm)	DATA DA APLICAÇÃO		
		PISTA	FAIXA	POSIÇÃO	CAMADA		AO AR	AO AR (SSS)	IMERSO							
11	170+640	NORTE	ACOST.	LE	CAMADA/CA	2,426	802,30	803,30	458,20	345,10	2,325	4,2%	4,3	30/06/2010		
10	170+610	NORTE	ACOST.	EX	CAMADA/CA	2,426	855,00	855,50	498,60	356,90	2,396	1,3%	4,4	30/06/2010		
1	170+510	NORTE	ACOST.	LD	CAMADA/CA	2,426	900,50	901,90	509,50	392,40	2,295	5,4%	4,5	30/06/2010		
2	170+540	NORTE	ACOST.	EX	CAMADA/CA	2,426	988,10	988,50	576,30	412,20	2,397	1,2%	5,8	30/06/2010		
3	170+510	NORTE	ACOST.	LE	CAMADA/CA	2,426	796,60	796,90	460,00	336,90	2,364	2,5%	3,6	30/06/2010		
4	170+480	NORTE	ACOST.	EX	CAMADA/CA	2,426	872,20	872,30	507,20	365,10	2,389	1,5%	4,9	30/06/2010		
5	170+450	NORTE	ACOST.	LD	CAMADA/CA	2,426	1066,60	1066,80	620,10	446,70	2,388	1,6%	5,7	30/06/2010		
6	170+420	NORTE	ACOST.	EX	CAMADA/CA	2,426	803,60	804,10	462,00	342,10	2,349	3,2%	4,1	30/06/2010		
7	170+390	NORTE	ACOST.	LE	CAMADA/CA	2,426	900,00	901,40	517,00	384,40	2,341	3,5%	4,8	30/06/2010		
8	170+360	NORTE	ACOST.	EX	CAMADA/CA	2,426	1063,30	1063,50	621,60	441,90	2,406	0,8%	5,4	30/06/2010		
9	170+330	NORTE	ACOST.	LD	CAMADA/CA	2,426	1023,30	1023,60	594,30	429,30	2,384	1,7%	5,6	30/06/2010		
$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$ $d = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$		$X_{\max} = \bar{X} + Kd$ $X_{\min} = \bar{X} - Kd$		%vazios > VA = 100 - [dist.normalVA%], \bar{X}, sd		% preconit = 100 - $\frac{(\%vazios > VA)^2}{100}$		MÉDIA \bar{X}		2,367		2,4%		4,8		
								DESVIO PADRÃO (d)		0,034		1,4%		0,7		
Quantidade de amostras (N) 11 unidades K= 1,20																
Porcentagem de vazios (X máximo) obtido 4,1% ESPECIFICAÇÃO < 7,5%																
Porcentagem de vazios (X mínimo) obtido 0,8% ESPECIFICAÇÃO > 3,0%																
Espessura (X mínima) obtida (cm) 4,0 ESPECIFICAÇÃO > 3,8 (95% DE 4 cm)																
NOTAS MÉTODOS DE ENSAIOS APLICADOS NESTA ANÁLISE: - EN-GER-A1-PV/ME-E-004 (T-269) / EN-GER-A1-PV/ME-E-002 (T-209) / EN-GER-A1-PV/ME-E-005 (T-166) / DNIT PRO-277 e ESPECIFICAÇÃO ACIMA MENCIONADA. PESQUISA - CAP ALTO MÓDULO (TESTE). RICE DA MASSA—2,426g/cm ³ USINA : SERVENG - JAMBEIRO - GRAVIMÉTRICA																
ANÁLISE DOS RESULTADOS																
ESPESSURA:		Como o valor mínimo está acima da tolerância especificada no projeto, o trecho está A P R O V A D O por espessura.														
														CÓPIA ELETRÔNICA ORIGINAL ASSINADA POR VALÉRIA FARIA Coord. Centro de Pesquisa		
														Santa Isabel, 23 julho, 2010		

	Concessionária NovaDutra Rodovia Presid. Dutra (BR-116) Regional S.Paulo km 170+700 ao km 170+320 - PISTA: NORTE - ACOSTAMENTO - CAMADA/CA	DATA DA EMISSÃO 23/07/10
DATA DA AMOSTRAGEM 30/06/2010	CONTROLE DE COMPACTAÇÃO E ESPESSURA ESPECIFICAÇÃO EME 0/14	CERTIFICADO NÚMERO 0700/2010

CONSTRUTORA: PESQUISA - CAP ALTO MÓDULO

CONCRETO ASFÁLTICO (CA)

AGREGADOS da PEDREIRA JAMBEIRO

OBSERVAÇÕES:- Corpos de prova entregues no CPR em 30/06/2010 - Resp.: Francisco Leite (Serveng) .

RESPONSÁVEL PELA AMOSTRAGEM: Francisco Leite

LOTE N° 1

ESPESSURA DE PROJETO= 4 cm

VAZIOS DE PROJETO (VP) = 4 %

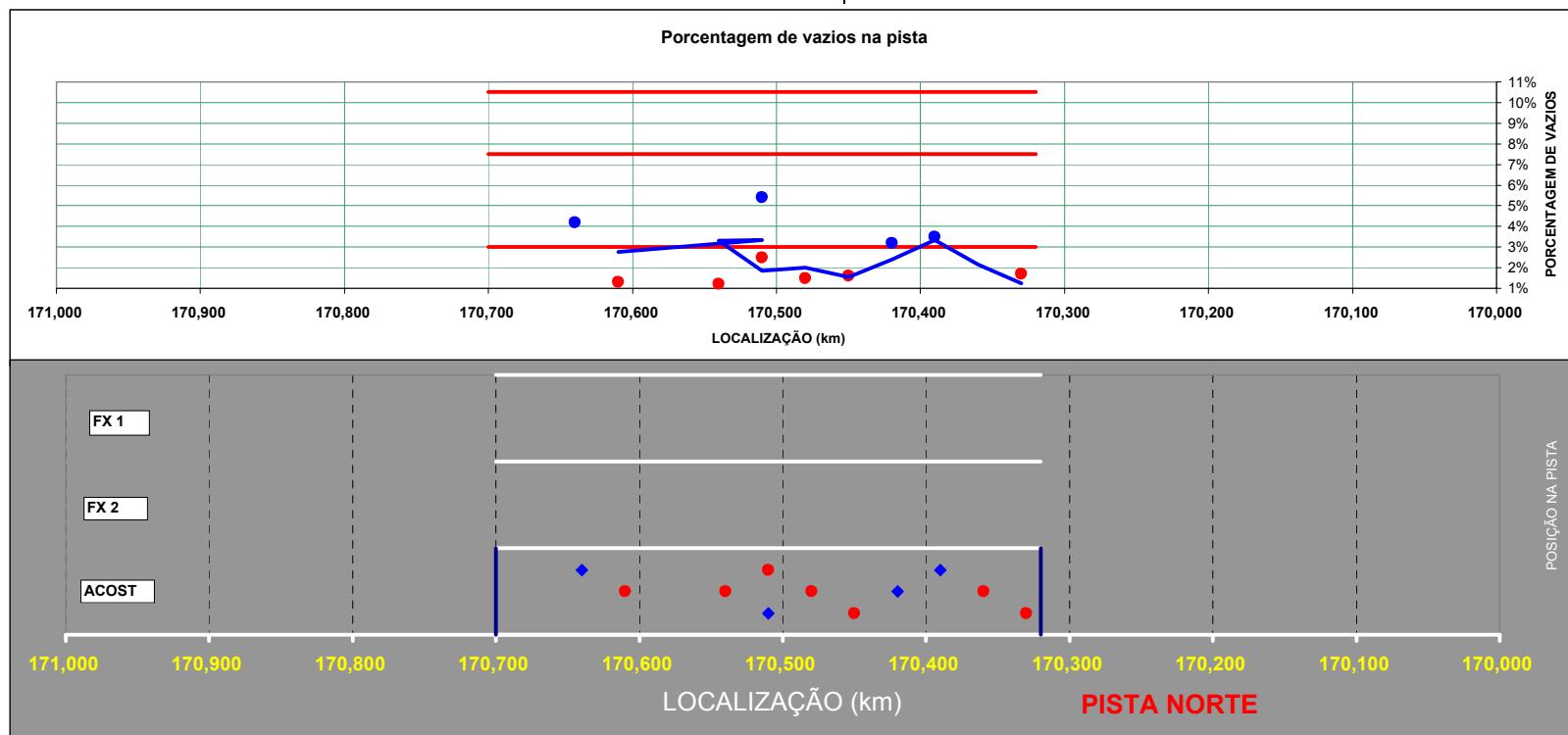
TRAÇO CCR-JBR-EME-014/2010 - SEM CAL

FAIXA FRANCESA

DENSIDADE MÁXIMA DA MISTURA (PROJETO)= 2,433 g/cm³ (VV=0%)

DENSIDADE APARENTE (COMPACTADA) DE PROJETO= 2,344 g/cm³ (VV=4%)

TEOR ÓTIMO DE CAP= 5,8 %



	Concessionária NovaDutra Rodovia Presid. Dutra (BR-116) Regional S.Paulo km 170+800 ao km 170+600 -PISTA: NORTE - FAIXA: 2 - CAMADA/CA - TESTE												DATA DA EMISSÃO 23/07/2010				
	DATA DA AMOSTRAGEM 01/07/2010		CONTROLE DE COMPACTAÇÃO E ESPESSURA ESPECIFICAÇÃO EME 0/14														
CONSTRUTORA: PESQUISA - CAP ALTO MÓDULO CONCRETO ASFÁLTICO (CA) AGREGADOS da PEDREIRA JAMBEIRO						DATA DA APLICAÇÃO 30/06 e 01/07/2010 LOTE N° 2 ESPESSURA DE PROJETO= 14 cm TRAÇO CCR-JBR-EME-014/2010 - SEM CAL VAZIOS DE PROJETO (VP) = 4 % FAIXA FRANCESA						DENSIDADE MAXIMA DA MISTURA (PROJETO)= 2,433 g/cm ³ (VV=0%) DENSIDADE APARENTE (COMPACTADA) DE PROJETO= 2,344 g/cm ³ (VV=4%) TEOR ÓTIMO DE CAP= 5,8 %					
OBSERVAÇÕES:- Corpos de prova entregues no CPR em 02/07/2010. - Resp.: Francisco Leite.																	
RESPONSÁVEL PELA AMOSTRAGEM: Francisco Leite																	
C.P.Nº	km	IDENTIFICAÇÃO DO CORPO DE PROVA				DENSIDADE MÁXIMA DA MISTURA (DO DIA)	PESOS DO CORPO DE PROVA			VOLUME DO CP	DENSIDADE DE PISTA	% DE VAZIOS	ESPESSURA DO CP (cm)	DATA DA APLICAÇÃO			
		PISTA	FAIXA	POSIÇÃO	CAMADA		AO AR	AO AR (SSS)	IMERSO								
20	170+780	NORTE	2	LD	CAMADA/CA	2,447	2580,00	2581,70	1503,10	1078,60	2,392	2,2%	14,1	30/06 e 01/07/2010			
21	170+760	NORTE	2	EX	CAMADA/CA	2,447	2546,20	2547,20	1473,90	1073,30	2,372	3,1%	13,8	30/06 e 01/07/2010			
22	170+740	NORTE	2	LE	CAMADA/CA	2,447	2385,20	2387,70	1363,10	1024,60	2,328	4,9%	13,3	30/06 e 01/07/2010			
23	170+720	NORTE	2	EX	CAMADA/CA	2,447	2572,20	2572,70	1505,70	1067,00	2,411	1,5%	13,8	30/06 e 01/07/2010			
24	170+700	NORTE	2	LD	CAMADA/CA	2,447	2684,20	2685,50	1542,70	1142,80	2,349	4,0%	14,8	30/06 e 01/07/2010			
25	170+680	NORTE	2	EX	CAMADA/CA	2,447	2646,70	2650,10	1531,50	1118,60	2,366	3,3%	14,4	30/06 e 01/07/2010			
26	170+660	NORTE	2	LE	CAMADA/CA	2,447	2790,20	2795,30	1610,00	1185,30	2,354	3,8%	14,7	30/06 e 01/07/2010			
27	170+640	NORTE	2	EX	CAMADA/CA	2,447	2409,20	2416,10	1391,90	1024,20	2,352	3,9%	13,6	30/06 e 01/07/2010			
28	170+620	NORTE	2	LD	CAMADA/CA	2,447	2615,30	2617,00	1518,10	1098,90	2,380	2,7%	14,5	30/06 e 01/07/2010			
$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$ $d = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$ $X_{\text{max}} = \bar{X} + Kd$ $X_{\text{min}} = \bar{X} - Kd$ $\%_{\text{vazios > VA}} = 100 - [dist.\text{normalVA \%}]\bar{X}; sd]$ $\%_{\text{preconstr}} = 100 - \frac{(\%_{\text{vazios > VA}})^2}{100}$						MÉDIA \bar{X}			2,367	3,3%	14,1						
						DESVIO PADRÃO (d)			0,024	1,0%	0,5						
Quantidade de amostras (N)						9	unidades			K = 1,25							
Porcentagem de vazios (X máximo) obtido						4,5%	ESPECIFICAÇÃO < 7,5%										
Porcentagem de vazios (X mínimo) obtido						2,1%	ESPECIFICAÇÃO > 3,0%										
Espessura (X mínima) obtida (cm)						13,5	ESPECIFICAÇÃO > 13,3 (95% DE 14 cm)										
NOTAS																	
MÉTODOS DE ENSAIOS APLICADOS NESTA ANÁLISE: - EN-GER-A1-PV/ME-E-004 (T-269) / EN-GER-A1-PV/ME-E-002 (T-209) / EN-GER-A1-PV/ME-E-005 (T-166) / DNIT PRO-277 e ESPECIFICAÇÃO ACIMA MENCIONADA.																	
RICE DO DIA 01/07/2010→2,447g/cm ³																	
TEOR DE BETUME FORNO THERMOLYNE→5,71%																	
USINA : SERVENG - JAMBEIRO - GRAVIMÉTRICA																	
ANÁLISE DOS RESULTADOS																	
ESPESSURA: Como o valor mínimo está acima da tolerância especificada no projeto, o trecho está A P R O V A D O por espessura.																	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">CÓPIA ELETRÔNICA ORIGINAL ASSINADA POR VALÉRIA FARIA Coord. Centro de Pesquisa</div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> Santa Isabel, 23 julho, 2010 </div>																	



Concessionária NovaDutra Rodovia Presid. Dutra (BR-116) Regional S.Paulo km 170+800 ao km 170+600 -
PISTA: NORTE - FAIXA: 2 - CAMADA/CA - TESTE

DATA DA EMISSÃO
23/07/10

DATA DA AMOSTRAGEM
01/07/2010

CONTROLE DE COMPACTAÇÃO E ESPESSURA

ESPECIFICAÇÃO EME 0/14

CERTIFICADO NÚMERO
0725/2010

CONSTRUTORA: PESQUISA - CAP ALTO MÓDULO

LOTE N° 2

CONCRETO ASFÁLTICO (CA)

ESPESSURA DE PROJETO= 14 cm

VAZIOS DE PROJETO (VP) = 4 %

AGREGADOS da PEDREIRA JAMBEIRO

TRAÇO CCR-JBR-EME-014/2010 - SEM CAL

FAIXA FRANCESA

OBSERVAÇÕES:- Corpos de prova entregues no CPR em 02/07/2010. - Resp.: Francisco Leite.

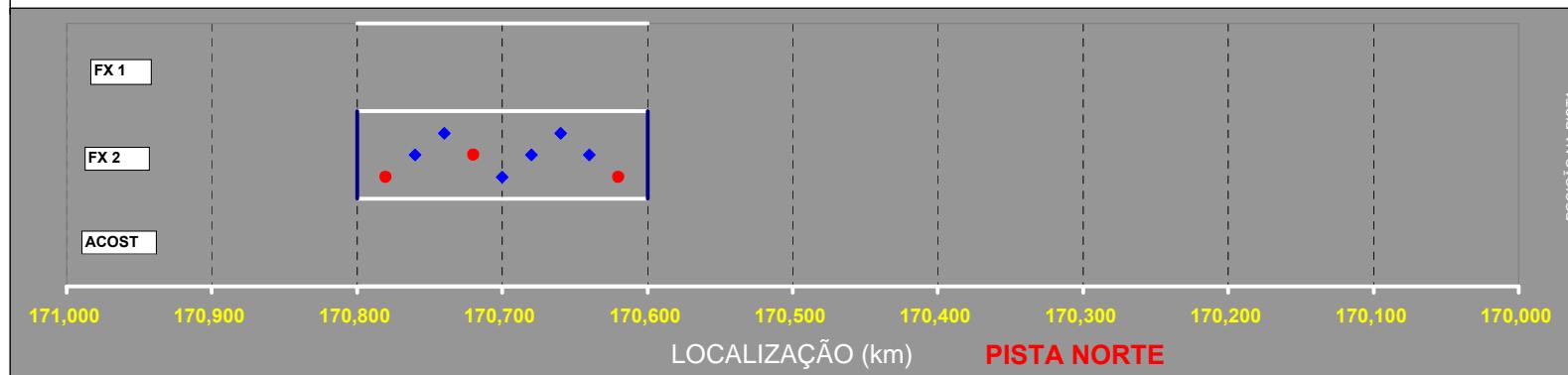
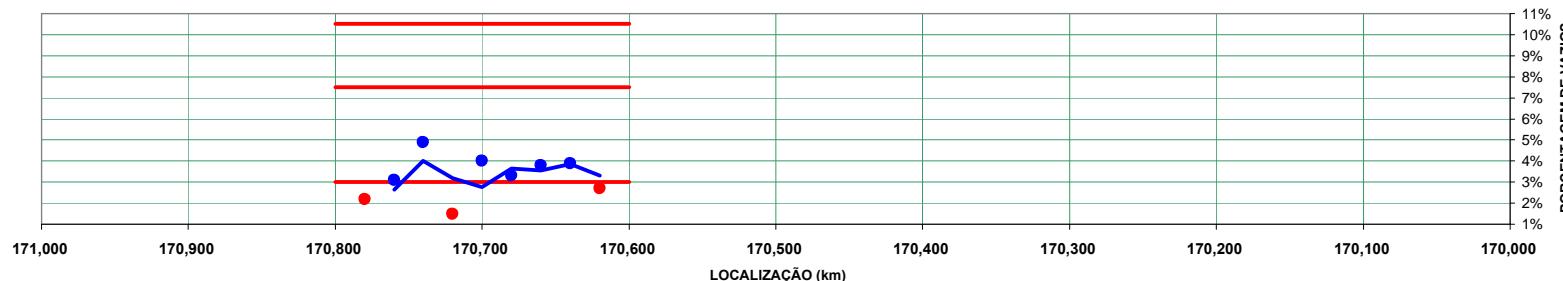
DENSIDADE MÁXIMA DA MISTURA (PROJETO)= 2,433 g/cm³ (VV=0%)

DENSIDADE APARENTE (COMPACTADA) DE PROJETO= 2,344 g/cm³ (VV=4%)

RESPONSÁVEL PELA AMOSTRAGEM: Francisco Leite

TEOR ÓTIMO DE CAP= 5,8 %

Porcentagem de vazios na pista



 CCR NovaDutra	Concessionária NovaDutra Rodovia Presid. Dutra (BR-116) Regional S.Paulo km 170+600 ao km 170+380 -km 170+320 ao km 170+215 -PISTA: NORTE - FAIXA: 2 e ACOSTAMENTO - CAMADA: REPARO														DATA DA EMISSÃO 23/07/2010					
DATA DA AMOSTRAGEM 01 e 05/07/2010		CONTROLE DE COMPACTAÇÃO E ESPESSURA ESPECIFICAÇÃO EME 0/14														CERTIFICADO NÚMERO 0742/2010				
CONSTRUTORA: PESQUISA - CAP ALTO MÓDULO CONCRETO ASFÁLTICO (CA) AGREGADOS da PEDREIRA JAMBEIRO		DATA DA APLICAÇÃO 30/06 e 02/07/2010					LOTE N° 428 ESPESSURA DE PROJETO= variável cm TRAÇO CCR-JBR-EME-014/2010 - SEM CAL VAZIOS DE PROJETO (VP) = 4 % FAIXA FRANCESA													
OBSERVAÇÕES:- Corpos de prova entregues no CPR em 06/07/2010 - Resp.: Eder (Serveng).							DENSIDADE MÁXIMA DA MISTURA (PROJETO)= 2,433 g/cm ³ (VV=0%) DENSIDADE APARENTE (COMPACTADA) DE PROJETO= 2,344 g/cm ³ (VV=4%) TEOR ÓTIMO DE CAP= 5,8 %													
RESPONSÁVEL PELA AMOSTRAGEM: Assinatura ilegível																				
C.P.Nº	km	IDENTIFICAÇÃO DO CORPO DE PROVA				DENSIDADE MÁXIMA DA MISTURA (DO DIA)	PESOS DO CORPO DE PROVA			VOLUME DO CP	DENSIDADE DE PISTA	GC (%)	% DE VAZIOS	ESPESSURA TEÓRICA APLICADA	ESPESSURA DO CP (cm)	DATA DA APLICAÇÃO				
		PISTA	FAIXA	POSIÇÃO	CAMADA		AO AR	AO AR (SSS)	IMERSO											
339	170+580	NORTE	2	LD	REPARO	2,447	2029,60	2033,90	1156,30	877,60	2,313	98,7%	5,5%	11,00	11,5	02/07/10				
340	170+480	NORTE	2	EX	REPARO	2,447	2042,40	2046,80	1154,90	891,90	2,290	97,7%	6,4%	11,00	11,6	02/07/10				
341	170+420	NORTE	2	LE	REPARO	2,447	2235,10	2238,60	1277,40	961,20	2,325	99,2%	5,0%	11,00	12,0	02/07/10				
342	170+390	NORTE	2	EX	REPARO	2,447	2008,40	2017,50	1151,40	866,10	2,319	98,9%	5,2%	8,00	11,1	02/07/10				
343	170+300	NORTE	ACOST.	LD	REPARO	2,447	703,40	704,00	402,50	301,50	2,333	99,5%	4,7%	4,00	4,0	02/07/10				
344	170+240	NORTE	ACOST.	EX	REPARO	2,433	923,60	924,50	527,20	397,30	2,325	99,2%	4,5%	4,00	4,5	30/06/10				
$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$	$d = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$	$X_{\text{max}} = \bar{X} + Kd$	$X_{\text{min}} = \bar{X} - Kd$	$\%_{\text{vazios}} > VA = 100 - [dist.\text{normal}VA\%] \cdot \bar{X}; sd$	$\%_{\text{precount}} = 100 - \frac{(\%_{\text{vazios}} > VA)^2}{100}$				MÉDIA \bar{X}	2,317	98,9%	5,2%	-	-						
Quantidade de amostras (N) 6 unidades K = 1,41																				
Porcentagem de vazios (X máximo) obtido 6,1% ESPECIFICAÇÃO < 7,5%																				
Porcentagem de vazios (X mínimo) obtido 4,3% ESPECIFICAÇÃO > 3,0%																				
Grau de compactação (X mínimo) obtido 98,0% ESPECIFICAÇÃO > 97%																				
NOTAS MÉTODOS DE ENSAIOS APLICADOS NESTA ANÁLISE: - EN-GER-A1-PV/ME-E-004 (T-269) / EN-GER-A1-PV/ME-E-002 (T-209) / EN-GER-A1-PV/ME-E-005 (T-166) / DNIT PRO-277 e ESPECIFICAÇÃO ACIMA MENCIONADA. RICE DO DIA → 2,447g/cm ³ USINA : SERVENG - JAMBEIRO - GRAVIMÉTRICA																				
ANÁLISE DOS RESULTADOS																				
ESPESSURA:		Como as espessuras medidas nos corpos de prova estão maiores que as teórica aplicadas, o segmento está A P R O V A D O por espessura.																		
COMPACTAÇÃO:		Como a porcentagem de vazios está abaixo do máximo especificado, o trecho está A P R O V A D O por compactação.																		
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> COPIA ELETRÔNICA ORIGINAL ASSINADA POR VALÉRIA FARIA Coord. Centro de Pesquisa </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> Santa Isabel, 23 julho, 2010 </div>																				

	Concessionária NovaDutra Rodovia Presid. Dutra (BR-116) Regional S.Paulo km 170+600 ao km 170+380 -km 170+320 ao km 170+215 -PISTA: NORTE - FAIXA: 2 e ACOSTAMENTO - CAMADA: REPARO	DATA DA EMISSÃO 23/07/10
DATA DA AMOSTRAGEM 01 e 05/07/2010	CONTROLE DE COMPACTAÇÃO E ESPESSURA ESPECIFICAÇÃO EME 0/14	CERTIFICADO NÚMERO 0742/2010

CONSTRUTORA: PESQUISA - CAP ALTO MÓDULO

CONCRETO ASFÁLTICO (CA)

AGREGADOS da PEDREIRA JAMBEIRO

OBSERVAÇÕES:- Corpos de prova entregues no CPR em 06/07/2010 - Resp.: Eder (Serveng).

RESPONSÁVEL PELA AMOSTRAGEM: Assinatura ilegível

LOTE N° 428

ESPESSURA DE PROJETO= variável cm

VAZIOS DE PROJETO (VP) = 4 %

TRAÇO CCR-JBR-EME-014/2010 - SEM CAL

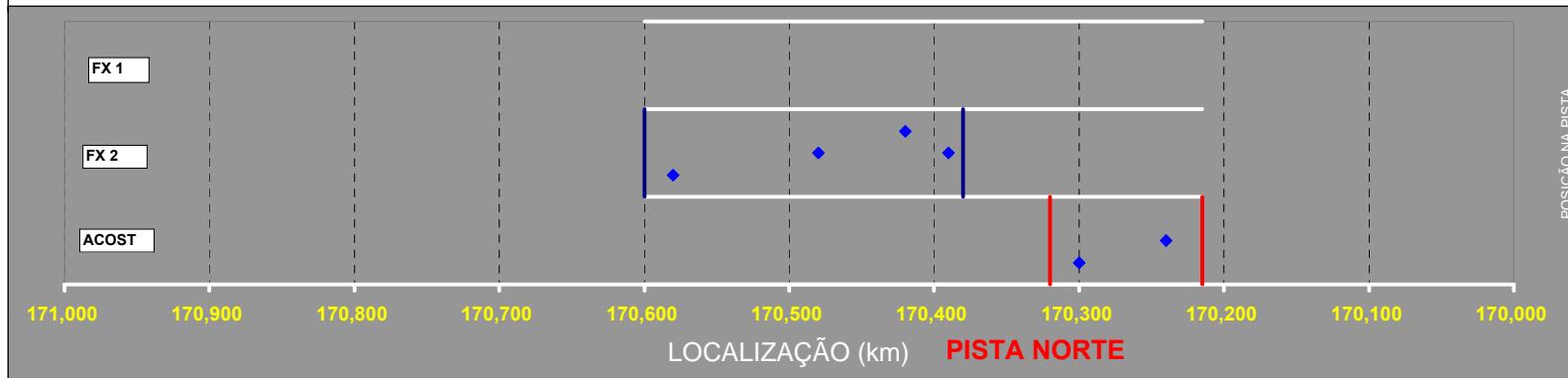
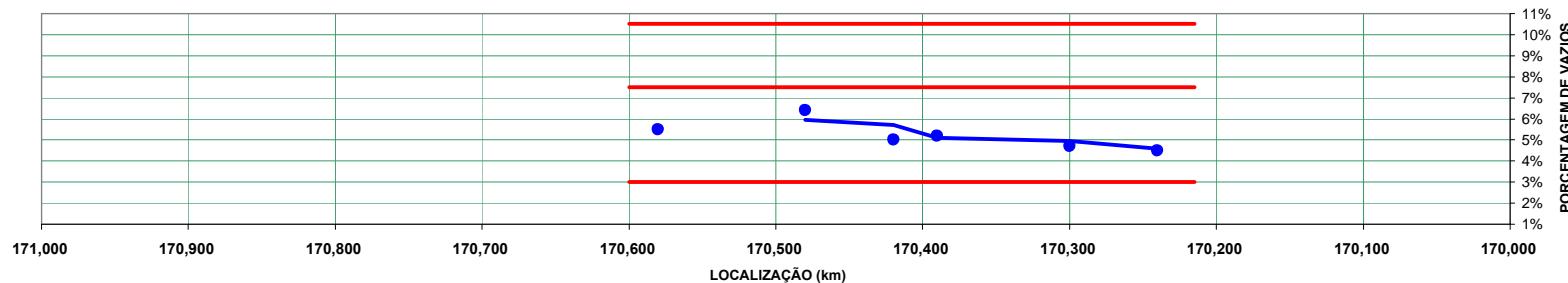
FAIXA FRANCESA

DENSIDADE MÁXIMA DA MISTURA (PROJETO)= 2,433 g/cm³ (VV=0%)

DENSIDADE APARENTE (COMPACTADA) DE PROJETO= 2,344 g/cm³ (VV=4%)

TEOR ÓTIMO DE CAP= 5,8 %

Porcentagem de vazios na pista



 CCR <i>NovaDutra</i>	Concessionária NovaDutra Rodovia Presid. Dutra (BR-116) Regional S.Paulo km 170+640 ao km 170+320 -PISTA: NORTE - ACOSTAMENTO - CAMADA: REPARO												DATA DA EMISSÃO 23/07/2010					
DATA DA AMOSTRAGEM 30/06/2010		CONTROLE DE COMPACTAÇÃO E ESPESSURA ESPECIFICAÇÃO EME 0/14												CERTIFICADO NÚMERO 0756/2010				
CONSTRUTORA: SERVENG CIVILSAN CONCRETO ASFÁLTICO (CA) AGREGADOS da PEDREIRA JAMBEIRO		DATA DA APLICAÇÃO 29/06/2010						LOTE Nº 426 ESPESSURA DE PROJETO= 4 cm TRAÇO CR-JBR-EME-014/2010 - SEM CAL						VAZIOS DE PROJETO (VP) = 4 % EME 0/14 - FAIXA FRANCESA				
OBSERVAÇÕES:- Corpos de prova entregues no CPR em 15/07/2010. - Resp.: Geraldo (Serveng).								DENSIDADE MÁXIMA DA MISTURA (PROJETO)= 2,433 g/cm³ (VV=0%) DENSIDADE APARENTE (COMPACTADA) DE PROJETO= 2,344 g/cm³ (VV=4%) TEOR ÓTIMO DE CAP= 5,8 %										
RESPONSÁVEL PELA AMOSTRAGEM: Alexandre (Peixe)																		
IDENTIFICAÇÃO DO CORPO DE PROVA						DENSIDADE MÁXIMA DA MISTURA (DO DIA)	PESOS DO CORPO DE PROVA			VOLUME DO CP	DENSIDADE DE PISTA	GC (%)	% DE VAZIOS	ESPESSURA DO CP (cm)	DATA DA APLICAÇÃO			
C.P.Nº	km	PISTA	FAIXA	POSIÇÃO	CAMADA		AO AR	AO AR (SSS)	IMERSO									
324	170+620	NORTE	ACOST.	LD	REPARO	2,426	947,30	948,40	539,00	409,40	2,314	98,7%	4,6%	5,2	29/06/2010			
325	170+560	NORTE	ACOST.	EX	REPARO	2,426	1070,80	1071,90	614,80	457,10	2,343	99,9%	3,4%	5,6	29/06/2010			
326	170+460	NORTE	ACOST.	LE	REPARO	2,426	707,90	708,90	405,20	303,70	2,331	99,4%	3,9%	4,0	29/06/2010			
327	170+360	NORTE	ACOST.	EX	REPARO	2,426	926,10	926,80	535,80	391,00	2,369	101,1%	2,4%	5,2	29/06/2010			
$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$ $d = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$ $X_{\max} = \bar{X} + Kd$ $X_{\min} = \bar{X} - Kd$						% vazios > VA = 100 - [dist.normalVA%, \bar{X}; sd]			% preçounit = 100 - $\frac{(\% \text{ vazios} > \text{VA})^2}{100}$			MÉDIA \bar{X} DESvio PADRÃO (d)		2,339	99,8%	3,6%	5,0	
												0,020	0,9%	0,8%	0,6			
Quantidade de amostras (N)						4	unidades			VALORES MÁXIMO e MÍNIMO ABSOLUTOS								
Porcentagem de vazios (X máximo) obtido						4,6%	ESPECIFICAÇÃO < 7,5%											
Porcentagem de vazios (X mínimo) obtido						2,4%	ESPECIFICAÇÃO > 3,0%											
Grau de compactação (X mínimo) obtido						98,7%	ESPECIFICAÇÃO > 97,0%											
Espessura (X mínima) obtida (cm)						4,0	ESPECIFICAÇÃO > 3,8 (95% DE 4 cm)											
NOTAS																		
MÉTODOS DE ENSAIOS APLICADOS NESTA ANÁLISE: - EN-GER-A1-PV/ME-E-004 (T-269) / EN-GER-A1-PV/ME-E-002 (T-209) / EN-GER-A1-PV/ME-E-005 (T-166) / DNIT PRO-277 e ESPECIFICAÇÃO ACIMA MENCIONADA.																		
USINA : SERVENG - JAMBEIRO - GRAVIMÉTRICA																		
ANÁLISE DOS RESULTADOS																		
ESPESSURA:		Como o valor mínimo está acima da tolerância especificada no projeto, o trecho está A P R O V A D O por espessura.																
COMPACTAÇÃO:																		
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> CÓPIA ELETRÔNICA ORIGINAL ASSINADA POR VALÉRIA FARIA COORD. CENTRO DE PESQUISAS </div>																		
Santa Isabel, 23 julho, 2010																		

	Concessionária NovaDutra Rodovia Presid. Dutra (BR-116) Regional S.Paulo km 170+640 ao km 170+320 - PISTA: NORTE - ACOSTAMENTO - CAMADA: REPARO	DATA DA EMISSÃO 23/07/10
DATA DA AMOSTRAGEM 30/06/2010	CONTROLE DE COMPACTAÇÃO E ESPESSURA ESPECIFICAÇÃO EME 0/14	CERTIFICADO NÚMERO 0756/2010

CONSTRUTORA: SERVENG CIVILSAN

CONCRETO ASFÁLTICO (CA)

AGREGADOS da PEDREIRA JAMBEIRO

OBSERVAÇÕES:- Corpos de prova entregues no CPR em 15/07/2010. - Resp.: Geraldo (Serveng).

RESPONSÁVEL PELA AMOSTRAGEM: Alexandre (Peixe)

LOTE N° 426

ESPESSURA DE PROJETO= 4 cm

VAZIOS DE PROJETO (VP) = 4 %

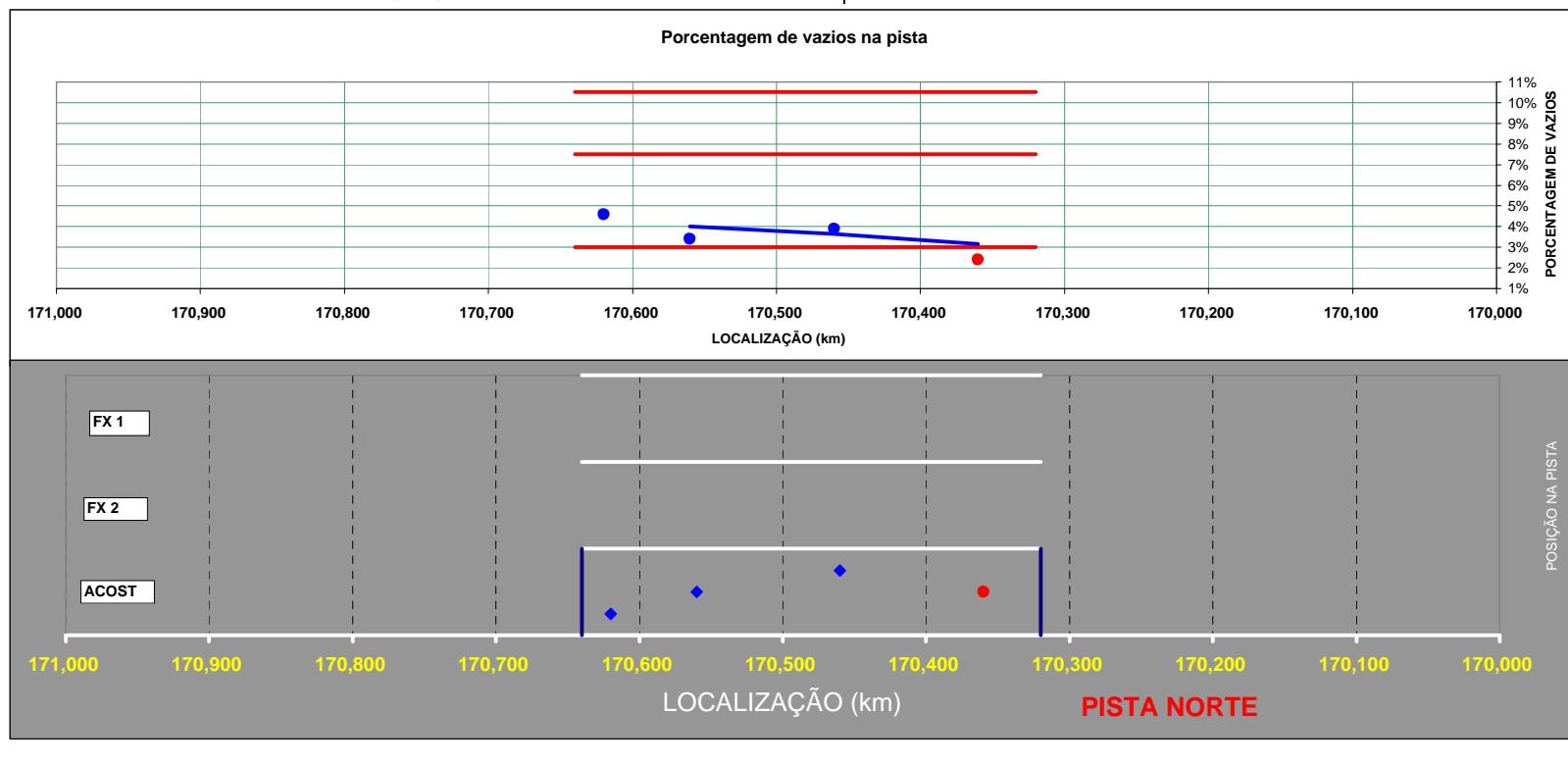
TRAÇO CR-JBR-EME-014/2010 - SEM CAL

EME 0/14 - FAIXA FRANCESA

DENSIDADE MÁXIMA DA MISTURA (PROJETO)= 2,433 g/cm³ (VV=0%)

DENSIDADE APARENTE (COMPACTADA) DE PROJETO= 2,344 g/cm³ (VV=4%)

TEOR ÓTIMO DE CAP= 5,8 %





Concessionária NovaDutra Rodovia Presid. Dutra (BR-116) Regional S.Paulo

DATA DA EMISSÃO
23/07/2010INÍCIO DO ENSAIO
16/07/2010

RESISTÊNCIA DE MISTURAS ASFÁLTICAS A DANOS POR UMIDADE INDUZIDA - EN-GER-A1-PV-ME-E-001 (T-283)

CERTIFICADO
0557/2010

CONCRETO ASFÁLTICO (C A)

SEM CAL

CONSTRUTORA: PESQUISA - CAP ALTO MÓDULO

PEDREIRA: JAMBEIRO

CONCRETO ASFÁLTICO USINADO A QUENTE - FAIXA FRANCESA - EME 0/14 (PROJETO DE MISTURA ASFALTICA)

PARTE INTEGRANTE DO TRAÇO: CCR-JBR-EME-014/2010-R2 - SEM CAL

DENSIDADE DO LIGANTE=

1,016

DENSIDADE DO AGREGADO=

2,661

BRITA 1	11,00	10,36 %
PEDRISCO	28,00	26,38 %
PÓ DE PEDRA	61,00	57,46 %
CAL CH I	0,00	0,00 %
CAP ALTO MÓDULO		5,80 %
TOTAL	100,00	100,00 %

EQUAÇÃO DA PRENSA: K = 0,984-4,629

COMPACTAÇÃO EXECUTADA COM 20 GOLPES / FACE DO CP NA TEMPERATURA DE 170 - 175°C

CP	%	PESOS				VOLUME	DENSIDADE	%	%	RESISTENCIA A TRAÇÃO			TRAÇÃO					
		Nº	CAP	NO AR SECO	PESO NO AR SAT SUP SECA(SS)					NA ÁGUA	VOLUME CP	APARENTE	MÁXIMA DA MISTURA(V/V=0)	VAZIOS	SATURAÇÃO (70 a 80%)	LEITURA(kgf)	CARGA(N)	ESPESSURA
*****	*****	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L (mm)	M (mm)	(MPa)			
*****	*****	*	*	*	*	*	*	B - D	A / E	*****	100(G-F)/G	100(C-A) / (HE/100)	*****	0,984-4,629	*	*	*	(2K)/pLM
91	5,8	1203,3	1209,7	-	679,1	530,6	2,268	2,433	6,8	-	2946	2894,2	65,22	101,60	2,8			
92	5,8	1201,7	1205,8	-	669,6	536,2	2,241	2,433	7,9	-	2758	2709,2	66,49	101,60	2,6			
93	5,8	1205,8	1210,5	-	676,1	534,4	2,256	2,433	7,2	-	2918	2866,7	67,09	101,60	2,7			
MEDIA	5,8							2,255	2,433	7,30							2,67	
94	5,8	1210,1	1213,9	1237,4	680,9	533,0	2,270	2,433	6,7	76,8	2086	2048,0	66,31	101,60	1,9			
95	5,8	1202,1	1210,0	1236,2	671,4	538,6	2,232	2,433	8,2	76,7	1744	1711,5	66,97	101,60	1,6			
96	5,8	1201,1	1209,2	1233,7	673,5	535,7	2,242	2,433	7,8	77,7	1940	1904,3	66,98	101,60	1,8			
MEDIA	5,8							2,248	2,433	7,58							1,77	

CORPOS DE PROVA 91- 92- 93 MANTIDO EM ENCUBADORA A 25°C A SÉCO POR 2 HORAS.

CORPOS DE PROVA 94- 95- 96 MANTIDO EM FREEZER A (-18)°C POR 16 HORAS - TRANSFERIDO PARA BANHO A 60°C POR 24 HORAS E TRANSFERIDO PARA BANHO A 25°C POR 2 HORAS.

% DE SATURAÇÃO (70 a 80 %)

PORCENTAGEM DE VAZIOS (6,5 a 7,5 %)

RAZÃO DA RESISTENCIA A TRAÇÃO (RRT) = 66,4% RESISTENCIA A TRAÇÃO = 2,67 MPa
ESPECIFICAÇÃO > 75% ESPECIFICAÇÃO > 5,5 MPa

CÓPIA ELETRÔNICA ORIGINAL ASSINADA POR

VALÉRIA FARIA

Coord. Centro de Pesquisa

23/07/2010



COMENTÁRIOS DO CERTIFICADO N° 0927/2010

Concessionária NovaDutra Rodovia Presid. Dutra (BR-116) Regional S.Paulo

CONSTRUTORA: PESQUISA - CAP ALTO MÓDULO

OBSERVAÇÃO: CAP - ALTO MÓDULO

LOCAL DA COLETA: USINA: SERVENG (JAMBEIRO) - CARRO PLACA: CPI 5778

A PENEIRA Nº 4 - ESTÁ FORA DA FAIXA DE TRABALHO.

Conforme a ET-E-008 (AASHTO M-323) item 6.1.3, esta granulometria obtida é classificada de GRADUAÇÃO GROSSA

Esta mistura tem uma boa resistência a ação danosa da água (ESTÁ APROVADA).

Santa Isabel, 10-set-10

CÓPIA ELETRÔNICA ORIGINAL ASSINADA POR
VALÉRIA FARIA
COORD. CENTRO DE PESQUISAS

	Concessionária NovaDutra Rodovia Presid. Dutra (BR-116) Regional S.Paulo	DATA DA EMISSÃO 10/09/2010
DATA DA AMOSTRAGEM	TEOR DE ASFALTO : EN-GER-A1-PV/ME-E-006 (T-164) - FORNO THERMOLYNE ANÁLISE GRANULOMÉTRICA : EN-GER-A1-PV/ME-E-014 (T-30) - TRAÇÃO DNIT ME 138 - MASSA ESPECÍFICA MÁXIMA DE MISTURAS ASFALTICAS : EN-GER-A1- PV/ME-E-002 (T-209) - MASSA ESPECÍFICA APARENTE DE MISTURAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS :EN-GER-A1-PV/ME-E-005 (T-166)	

CCR-JBR-EME-014/2010

CERTIFICADO Nº 00927/2010

CONCRETO ASFÁLTICO (CA) FAIXA FRANCESA

ESPECIFICAÇÃO : EME 0/14

CONSTRUTORA: PESQUISA - CAP ALTO MÓDULO

USINA SERVENG - JAMBEIRO - GRAVIMÉTRICA

LOCAL DA COLETA: USINA: SERVENG (JAMBEIRO) - CARRO PLACA: CPI 5778

OBSERVAÇÃO: CAP - ALTO MÓDULO

RESPONSÁVEL PELA AMOSTRAGEM: Clayton

Nº DO TRAÇO CCR-JBR-EME-014/2010AGREGADOS da PEDREIRA JAMBEIRO

O TOTAL À FORA DA	1417,5	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA : EN-GER-A1-PV/ME-E-014 (T-30) -						TEOR DE ASFALTO : EN-GER-A1-PV/ME-E-006 (T-164) - FORNO THERMOLYNE
PENEIRA NÚMERO	ABERTURA	PESO (g)	(%) RETIDA	(%) PASSA ACUMULADA	FAIXA DE TRABALHO	ESPECIFICAÇÃO	PESO INICIAL (I)	1503,0
	mm	P	%R	%P			PESO FINAL (F)	1417,5
3/4"	19,00	0,0	0,0	100	92	100	CONST. TEMPERATURA (C)	0,19
5/8"	16,00	62,6	4,4	96	90	100	FATOR CALIBRADO (Fa)	0,31
1/2"	12,50	104,9	7,4	93	86	100	% LIGANTE (h)	5,8
3/8"	9,50	155,9	11,0	89	82	96	TEOR DE PROJETO	5,8
1/4"	6,40	491,4	34,7	65	63	73	DESvio	0,0
Nº 4	4,75	675,6	47,7	52	56	66	LIMITES ACEITÁVEIS DE TEOR DE ASFALTO 5,6 a 6,0%	
Nº 10	2,00	896,2	63,2	37	34	44	h=100^{I-F} / I - C + Fa	
Nº 40	0,42	1107,7	78,1	22	19	25	EM RELAÇÃO À MISTURA TOTAL ADICIONADO	
Nº 80	0,18	1226,9	86,6	13	12	16		
Nº 200	0,08	1316,0	92,8	7	5	9	DEVIO EM RELAÇÃO À PORCENTAGEM DE CAP EM VOLUME= 8,5 %	



Conforme a ET-E-008 (AASHTO M-323) item 6.1.3, esta granulometria obtida é classificada de GRADUAÇÃO GROSSA

DENSIDADE DO LIGANTE	1,016	1,016	0,000
DENS. MÁXIMA DA MISTURA(VV=0) AASHTO T-209/94 (RICE)	2,435	2,433	0,002
DENSIDADE APARENTE DOS AGREGADOS (SSS)	2,633	2,630	0,003
DENSIDADE EFETIVA DOS AGREGADOS	2,664	2,661	0,003
PORCENTAGEM DE VAZIOS ESTIMADA PARA 75 GOLPES POR FACE DO CORPO DE PROVA	4,5	3,6	0,9
V A M ESTIMADO PARA 75 GOLPES POR FACE DO CORPO DE PROVA	16,9	16,1	0,8
V C A ESTIMADO PARA 75 GOLPES POR FACE DO CORPO DE PROVA	73,0	77,3	-4,3
RESISTÊNCIA A TRAÇÃO PARA 75 GOLPES	2,8	3,0	-0,3

CÓPIA ELETRÔNICA ORIGINAL ASSINADA POR

VALÉRIA FARIA

Analista de Engenharia Rodoviária



Concessionária NovaDutra Rodovia Presid. Dutra (BR-116) Regional S.Paulo

DATA DA EMISSÃO

10/09/2010

DATA DA AMOSTRAGEM

CCR-JBR-EME-014/2010

DANOS POR UMIDADE INDUZIDA : EN-GER-A1-PV/ME-E-001 (T-283)

CERTIFICADO Nº 00927/2010

CONCRETO ASFÁLTICO (CA) FAIXA FRANCESA

ESPECIFICAÇÃO : EME 0/14

CONSTRUTORA: PESQUISA - CAP ALTO MÓDULO

USINA SERVENG - JAMBEIRO - GRAVIMÉTRICA

LOCAL DA COLETA: USINA: SERVENG (JAMBEIRO) - CARRO PLACA: CPI 5778

OBSERVAÇÃO: CAP - ALTO MÓDULO

RESPONSA PENEIRA Nº 4 - ESTÁ FORA DA FAIXA DE TRABALHO.

TEOR DE ASFALTO 5,8

AGREGADOS da PEDREIRA JAMBEIRO

Nº DO TRAÇO CCR-JBR-EME-014/2010

COMPACTAÇÃO EXECUTADA COM 20 GOLPES / FACE DO CP NA TEMPERATURA DE 148 - 150°C

CP	%	PESOS				VOLUME	DENSIDADE		%	%	RESISTENCIA A TRAÇÃO				TRAÇÃO			
		Nº	CAP	NO AR SECO	PESO NO AR SAT SUP SECA (SSS)		NO AR SATURADO APÓS INJEÇÃO DE ÁGUA A VÁCUO	NA AGUA	VOLUME CP	APARENTE	MÁXIMA DA MISTURA(VV=0)	VAZIOS(VV%)	SATURAÇÃO DO CP	LEITURA(kgf)	CARGA (daN)	ESPESSURA DO CP (L)	DIÂMETRO DO CP (M)	
*****	*****	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L (mm)	M (mm)	(MPa)			
*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*	B-D	A/E	*****	100(G-F)/G	100(C-A) / (HE/100)	*****	0,984 J - 4,624	*****	*****	(2K)/πLM	

CONDICIONAMENTO DOS CORPOS DE PROVA : (AMOSTRA SECA)

CALIBRAÇÃO METROLAB / 2010

% DE VAZIOS = 7 ± 0,5 %

CORPOS DE PROVA Nº 264- 265- 267- MANTIDO EM ENCUBADORA A 25°C A SÉCO POR 2 HORAS.

264	5,8	1204,40	1212,50	684,40	528,10	2,281	2,435	6,3		2115	2076,5	66,74	101,60	1,95	
265	5,8	1199,10	1209,30	680,20	529,10	2,266	2,435	6,9		2001	1964,4	66,72	101,60	1,84	
267	5,8	1196,90	1208,40	679,60	528,80	2,263	2,435	7,0		1979	1942,7	67,55	101,60	1,80	
MEDIA	5,8					2,270	2,435	6,8							1,9

CONDICIONAMENTO DOS CORPOS DE PROVA : (AMOSTRA SATURADA)

% DE VAZIOS = 7 ± 0,5 %

% DE SATURAÇÃO (70 a 80 %)

CORPOS DE PROVA Nº 266- 268- 269- MANTIDO EM FREEZER A (-18)°C POR 16 HORAS - TRANSFERIDO PARA BANHO A 60°C POR 24 HORAS E TRANSFERIDO PARA BANHO A 25°C POR 2 HORAS.

266	5,8	1207,90	1215,60	1236,30	683,50	532,10	2,270	2,435	6,8	78,8	1909	1873,8	67,78	101,60	1,73
268	5,8	1201,60	1214,70	1230,30	681,70	533,00	2,254	2,435	7,4	72,6	1854	1819,7	67,35	101,60	1,69
269	5,8	1195,00	1205,00	1222,80	676,70	528,30	2,262	2,435	7,1	74,1	1915	1879,7	67,02	101,60	1,76
MEDIA	5,8						2,262	2,435	7,1						1,7

RAZÃO DA RESISTENCIA A TRAÇÃO (RRT %) (SATURADA / SECA)

92,6%

ESPECIFICAÇÃO:

> 75%

CÓPIA ELETRÔNICA ORIGINAL ASSINADO POR

VALÉRIA FARIA

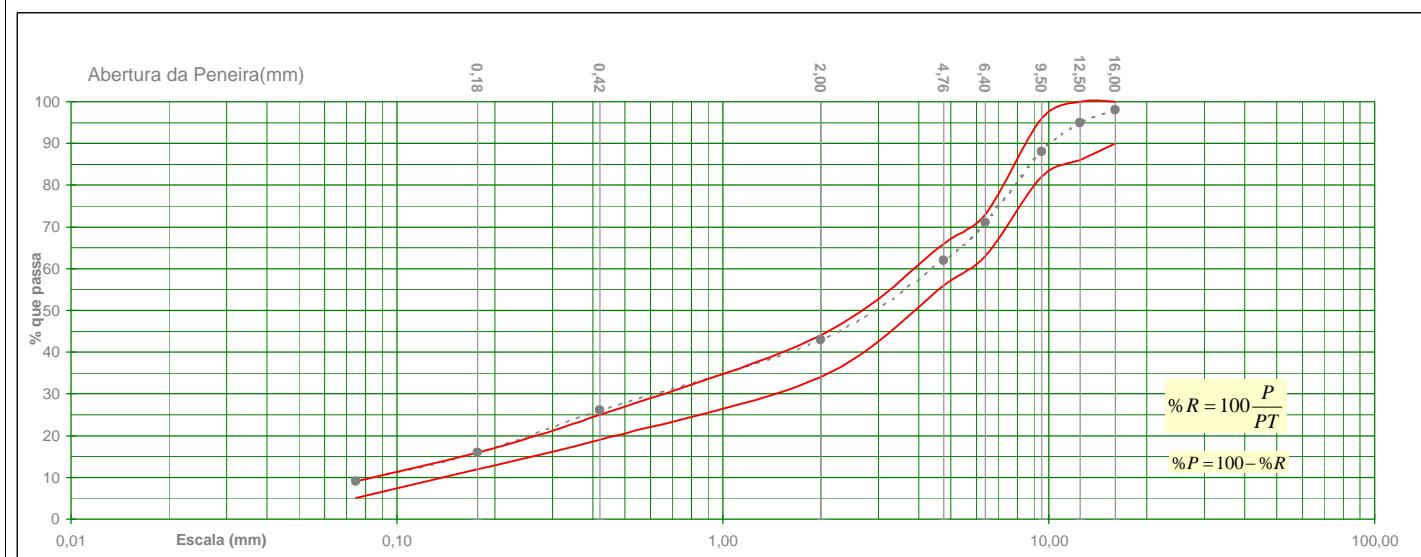
Analista de Engenharia Rodoviária

10/09/2010

 CCR NovaDutra	Concessionária NovaDutra Rodovia Presid. Dutra (BR-116) Regional S.Paulo	DATA DA EMISSÃO 23/07/2010
DATA DA AMOSTRAGEM 30/06/2010	TEOR DE ASFALTO : EN-GER-A1-PV/ME-E-006 (T-164) - FORNO THERMOLYNE ANÁLISE GRANULOMÉTRICA : EN-GER-A1-PV/ME-E-014 (T-30) - TRAÇÃO DNIT ME 138 - MASSA ESPECÍFICA MÁXIMA DE MISTURAS ASFÁLTICAS : EN-GER-A1-PV/ME-E-002 (T-209) - MASSA ESPECÍFICA APARENTE DE MISTURAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS : EN-GER-A1-PV/ME-E-005 (T-166)	CERTIFICADO N° 00699/2010

CONCRETO ASFÁLTICO (CA) FAIXA FRANCESA
ESPECIFICAÇÃO : EME 0/14
CONSTRUTORA: CCR-JBR-EME-014/2010
Nº DO TRAÇO CCR-JBR-EME-014/2010-R2-SEM CAL
USINA SERVENG - JAMBEIRO - GRAVIMÉTRICA
AGREGADOS da PEDREIRA JAMBEIRO
LOCAL DA COLETA: CAMINHÃO - USINA: SERVENG (JAMBEIRO) - CARRO PLACA: EJK 4845
RESPONSÁVEL PELA AMOSTRAGEM: Francisco Leite

PESO TOTAL (PT)	1638,8	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA : EN-GER-A1-PV/ME-E-014 (T-30) -					TEOR DE ASFALTO : EN-GER-A1-PV/ME-E-006 (T-164) - FORNO THERMOLYNE			
PENEIRA NÚMERO	ABERTURA mm	PESO (g)	(%) %P	(%) PASSA ACUMULADA %R	ESPECIFICAÇÃO FAIXA DE TRABALHO %P	PESO INICIAL (I)	1739,0	I-F		
5/8"	16,00	28,5	1,7	98	90	100	1739,0	1638,8	$h=100 \frac{I-F}{I} - C + Fa$	
1/2"	12,50	88,6	5,4	95	86	100	% LIGANTE (h)	5,9	EM RELAÇÃO À MISTURA TOTAL	
3/8"	9,50	196,7	12,0	88	82	96	TEOR DE PROJETO	5,8	ADICIONADO	
1/4"	6,40	473,9	28,9	71	63	73	DESVIO	0,1		
Nº 4	4,76	628,8	38,4	62	56	66	LIMITES ACEITÁVEIS DE TEOR DE ASFALTO 5,6 a 6,0 a			
Nº 10	2,00	936,8	57,2	43	34	44	5,6 a 6,0 a			
Nº 40	0,42	1217,0	74,3	26	19	25	DESVIO EM RELAÇÃO À PORCENTAGEM DE CAP EM VOLUME = -0,6 %			
Nº 80	0,18	1370,1	83,6	16	12	16				
Nº 200	0,08	1486,4	90,7	9	5	9				


Conforme a ET-E-008 (AASHTO M-323) item 6.1.3, esta granulometria obtida é classificada de GRADUAÇÃO FINA
OBTIDO PROJETO DESVIO
DENSIDADE DO LIGANTE 3,040 3,040 0,000

DENSIDADE APARENTE DOS AGREGADOS (SSS) (f) 5,283 5,800 -0,517

DENS. MÁXIMA DA MISTURA(VV=0) AASHTO T-209/94 (RICE) = (r) 2,426 2,651 -0,225

DENSIDADE EFETIVA DOS AGREGADOS 2,396 2,630 -0,235

MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA COM 75 GOLPES / FACE DO CP NA TEMPERATURA DE 170 - 175°C														
ESPESSURA DO CP(cm)	Nº DO CP	PESO NO AR SECO	PESO NO AR SAT SUP SECA (SSS)	PESO NA ÁGUA	VOLUME DO CP	DENS. APARENTE g/cm³	%VAZIOS DE AR (Va%) AASHTO R-35	VAZIOS NO AGREG. MINERAL % VAM AASHTO R-35	VAZIOS CHEIOS DE ASFALTO % VCA AASHTO R-35	LEITURA NA PRENSA L	CARGA APLICADA (dan) = 0,984 L - 4,624	DIÂMETRO DO CP (cm)	ESPESSURA DO CP(cm)	RESISTÊNCIA A TRAÇÃO (MPa) 2K/TSA
a	-	b	c	d	v = c - d	e = $\frac{b}{v}$				K	s	a		
6,405	1	1214,50	1215,30	702,20	513,1	2,367	2,4	57,8	95,8	3,545	3,483,7	10,16	6,405	3,4
6,392	2	1207,30	1208,20	699,60	508,6	2,374	2,2	57,7	96,3	3,502	3,441,3	10,16	6,392	3,4
6,350	4	1211,10	1212,50	702,10	510,4	2,373	2,2	57,7	96,2	3,368	3,309,5	10,16	6,350	3,3
MÉDIA					2,371	2,3	57,8	96,1						3,3
DADOS DO TRAÇO CCR-JBR-EME-014/2010-R2-SEM CAL					2,344	3,6	16,1	77,3	-	-	-	-	-	3,0
DESVIO					0,027	-1,4	41,7	18,8	-	-	-	-	-	0,3

$$*(\text{DESIGNAÇÃO AASHTO R-35}) = \text{PROJETO VOLUMÉTRICO SUPERPAVE PARA MISTURAS ASFÁLTICAS QUENTE (MAQ)}$$

$$Va \% = 100 \frac{r - e}{r} \quad VAM = 100 - \frac{e(100 - h)}{f} \quad VCA = 100 \frac{VAM - Va \%}{VAM}$$

**CÓPIA ELETRÔNICA ORIGINAL ASSINADA POR
VALÉRIA FARIA
Coord. Centro de Pesquisa**
CALIBRAÇÃO METROLAB / 2010



COMENTÁRIOS DO CERTIFICADO N° 0699/2010

Concessionária NovaDutra Rodovia Presid. Dutra (BR-116) Regional S.Paulo

CONSTRUTORA: CCR-JBR-EME-014/2010

LOCAL DA COLETA: CAMINHÃO - USINA: SERVENG (JAMBEIRO) - CARRO PLACA: EJK 4845

A PENEIRA Nº 40 - ESTÁ FORA DA FAIXA DE TRABALHO.

Conforme a ET-E-008 (AASHTO M-323) item 6.1.3, esta granulometria obtida é classificada de GRADUAÇÃO FINA

Santa Isabel,

23-jul-10

CÓPIA ELETRÔNICA ORIGINAL ASSINADA POR

VALÉRIA FARIA

Coord. Centro de Pesquisa

 CCR NovaDutra	Concessionária NovaDutra Rodovia Presid. Dutra (BR-116) Regional S.Paulo	DATA DA EMISSÃO 10/05/2011
DATA DA AMOSTRAGEM 02/07/2010 00:08h	TEOR DE ASFALTO : EN-GER-A1-PV/ME-E-006 (T-164) - FORNO THERMOLYNE ANÁLISE GRANULOMÉTRICA : EN-GER-A1-PV/ME-E-014 (T-30) - TRAÇÃO DNIT ME 138 - MASSA ESPECÍFICA MÁXIMA DE MISTURAS ASFÁLTICAS : EN-GER-A1-PV/ME-E-002 (T-209) - MASSA ESPECÍFICA APARENTE DE MISTURAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS :EN-GER-A1-PV/ME-E-005 (T-166)	CERTIFICADO N° 00737/2010

CONCRETO ASFÁLTICO (CA) FAIXA FRANCESA

ESPECIFICAÇÃO : EME 0/14

CONSTRUTORA: CCR-JBR-EME-014/2010

USINA SERVENG - JAMBEIRO - GRAVIMÉTRICA

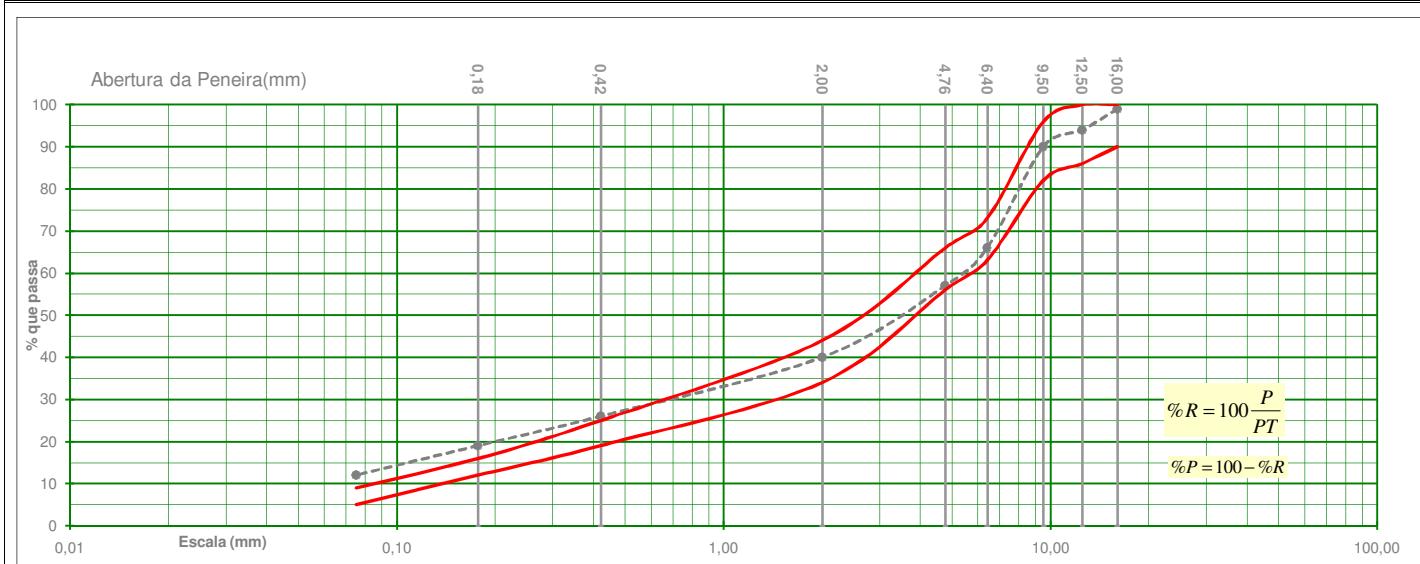
LOCAL DA COLETA: USINA: SERVENG (JAMBEIRO) - CARRO PLACA: CLK 5560

RESPONSÁVEL PELA AMOSTRAGEM: Clayton

Nº DO TRAÇO CCR-JBR-EME-014/2010-R2-SEM CAL

AGREGADOS da PEDREIRA JAMBEIRO

PESO TOTAL (PT)	1638,8	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA : EN-GER-A1-PV/ME-E-014 (T-30) -					TEOR DE ASFALTO : EN-GER-A1-PV/ME-E-006 (T-164) - FORNO THERMOLYNE			
PENEIRA NÚMERO	ABERTURA mm	PESO (g)	(%) RETIDA	(%) PASSA ACUMULADA	ESPECIFICAÇÃO FAIXA DE TRABALHO	PESO INICIAL (I)	1645,0	h=100 $\frac{I-F}{I}$ -C+Fa		
		P	%R	%P	FATOR CALIBRADO (Fa)	1553,2				
5/8"	16,00	13,8	0,8	99	90	100	0,18			
1/2"	12,50	95,1	5,8	94	86	100	5,7	EM RELAÇÃO À MISTURA TOTAL		
3/8"	9,50	170,6	10,4	90	82	96	5,8	ADICIONADO		
1/4"	6,40	549,3	33,5	66	63	73	DESvio	-0,1		
Nº 4	4,76	707,0	43,1	57	56	66				
Nº 10	2,00	979,2	59,8	40	34	44				
Nº 40	0,42	1209,7	73,8	26	19	25				
Nº 80	0,18	1326,4	80,9	19	12	16				
Nº 200	0,08	1444,7	88,2	12	5	9		LIMITES ACEITÁVEIS DE TEOR DE ASFALTO 5,6 a 6,0 a		



Conforme a ET-E-008 (AASHTO M-323) item 6.1.3, esta granulometria obtida é classificada de GRADUAÇÃO FINA

DENSIDADE DO LIGANTE

DENS. MÁXIMA DA MISTURA(VV=0) AASHTO T-209/94 (RICE) =

OBTIDO	PROJETO	DESVIO
1,018	1,016	0,002
2,447	2,412	0,035

MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA COM 75 GOLPES / FACE DO CP NA TEMPERATURA DE 170 - 175°C

ESPESSURA DO CP(cm)	Nº DO CP	PESO NO AR SECO	PESO NO AR SAT SUP SECA (SSS)	PESO NA ÁGUA	VOLUME DO CP	DENS. APARENTE g/cm³	%VAZIOS DE AR (Va%) AASHTO R-35	VAZIOS NO AGREG. MINERAL % VAM AASHTO R-35	VAZIOS CHEIOS DE ASFALTO % VCA AASHTO R-35	LEITURA NA PRENSA (kgf)	CARGA APLICADA (daN) = 0,984 L - 4,624	DIÂMETRO DO CP (cm)	ESPESSURA DO CP(cm)	RESISTÊNCIA A TRAÇÃO (MPa) $\frac{2K}{\pi Sa}$
a	-	b	c	d	$v = c - d$	$e = \frac{b}{v}$				K	s	a		
6,380	100	1206,70	1210,20	696,40	513,8	2,349	4,0	17,4	76,9	3.122	3.067,4	10,16	6,380	3,0
6,550	101	1204,10	1209,70	692,40	517,3	2,328	4,9	18,2	73,1	2.937	2.885,4	10,16	6,550	2,8
6,430	102	1197,90	1202,40	690,00	512,4	2,338	4,5	17,8	74,9	2.989	2.936,6	10,16	6,430	2,9
MÉDIA					2,338	4,5	17,8	74,9						2,9
DADOS DO TRAÇO CCR-JBR-EME-014/2010-R2-SEM CAL					2,344	3,6	16,1	77,3	-	-	-	-	-	3,0
DESVIO					-0,006	0,8	1,7	-2,4	-	-	-	-	-	-0,2

*(DESIGNAÇÃO AASHTO R-35) = PROJETO VOLUMÉTRICO SUPERPAVE PARA MISTURAS ASFÁLTICAS A QUENTE (MAQ)

$$Va \% = 100 \frac{r - e}{r} \quad VAM = 100 - \frac{e(100-h)}{f} \quad VCA = 100 \frac{VAM - Va \%}{VAM}$$

CALIBRAÇÃO METROLAB / 2010

CÓPIA ELETRÔNICA ORIGINAL ASSINADA POR
VALÉRIA FARIA
Coord. Do Centro de Pesquisa



COMENTÁRIOS DO CERTIFICADO N° 0737/2010

Concessionária NovaDutra Rodovia Presid. Dutra (BR-116) Regional S.Paulo

CONSTRUTORA: CCR-JBR-EME-014/2010

LOCAL DA COLETA: USINA: SERVENG (JAMBEIRO) - CARRO PLACA: CLK 5560

AS PENEIRAS Nº 200 - Nº 80 - Nº 40 - ESTÃO FORA DA FAIXA DE TRABALHO.

Conforme a ET-E-008 (AASHTO M-323) item 6.1.3, esta granulometria obtida é classificada de GRADUAÇÃO FINA

Santa Isabel, 10-mai-11

CÓPIA ELETRÔNICA ORIGINAL ASSINADA POR
VALÉRIA FARIA
Coord. Centro de Pesquisa

 CCR NovaDutra	Concessionária NovaDutra Rodovia Presid. Dutra (BR-116) Regional S.Paulo	DATA DA EMISSÃO 23/07/2010
DATA DA AMOSTRAGEM 03/07/2010 01:40h	TEOR DE ASFALTO : EN-GER-A1-PV/ME-E-006 (T-164) - FORNO THERMOLYNE ANÁLISE GRANULOMÉTRICA : EN-GER-A1-PV/ME-E-014 (T-30) - TRAÇÃO DNIT ME 138 - MASSA ESPECÍFICA MÁXIMA DE MISTURAS ASFÁLTICAS : EN-GER-A1-PV/ME-E-002 (T-209) - MASSA ESPECÍFICA APARENTE DE MISTURAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS : EN-GER-A1-PV/ME-E-005 (T-166)	CERTIFICADO N° 00738/2010

CONCRETO ASFÁLTICO (CA) FAIXA FRANCESA

ESPECIFICAÇÃO : EME 0/14

CONSTRUTORA: CCR-JBR-EME-014/2010

Nº DO TRAÇO CCR-JBR-EME-014/2010-R2-SEM CAL

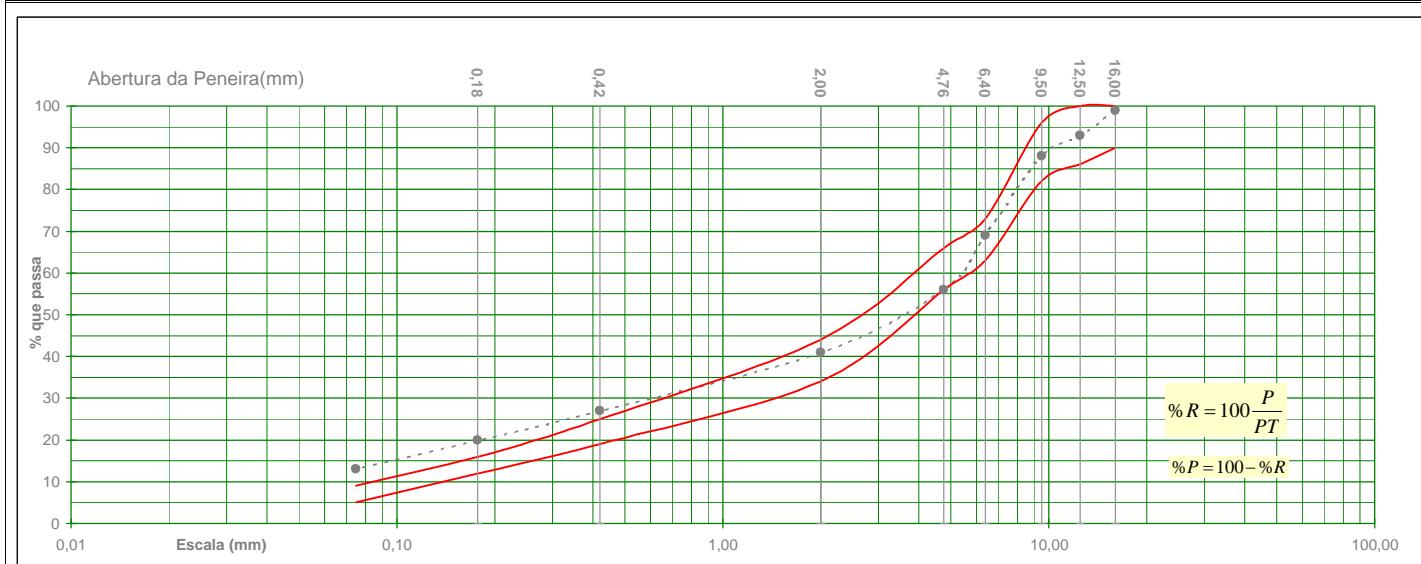
USINA SERVENG - JAMBEIRO - GRAVIMÉTRICA

AGREGADOS da PEDREIRA JAMBEIRO

LOCAL DA COLETA: Km 170+420 - PISTA: NORTE - FAIXA: 2 - 1ª CAMADA - CARRO PLACA: CLK 5560

RESPONSÁVEL PELA AMOSTRAGEM: Ramon

PESO TOTAL (PT)	1638,8	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA : EN-GER-A1-PV/ME-E-014 (T-30) -					TEOR DE ASFALTO : EN-GER-A1-PV/ME-E-006 (T-164) - FORNO THERMOLYNE			
PENEIRA NÚMERO	ABERTURA mm	PESO (g)	(%) PASSA ACUMULADA	ESPECIFICAÇÃO %P	FAIXA DE TRABALHO	PESO INICIAL (I)	1627,0	h=100 $\frac{I-F}{I}$ -C+Fa		
		P	%R	%P		FATOR CALIBRADO (Fa)	1539,8			
5/8"	16,00	17,0	1,0	99	90	100	0,18			
1/2"	12,50	118,4	7,2	93	86	100	5,5	EM RELAÇÃO À MISTURA TOTAL		
3/8"	9,50	191,9	11,7	88	82	96	5,8	ADICIONADO		
1/4"	6,40	513,3	31,3	69	63	73	DESvio	-0,3		
Nº 4	4,76	722,3	44,1	56	56	66				
Nº 10	2,00	965,7	58,9	41	34	44				
Nº 40	0,42	1198,1	73,1	27	19	25				
Nº 80	0,18	1314,9	80,2	20	12	16				
Nº 200	0,08	1429,9	87,3	13	5	9				



Conforme a ET-E-008 (AASHTO M-323) item 6.1.3, esta granulometria obtida é classificada de **GRADUAÇÃO FINA**
DENSIDADE DO LIGANTE

DENS. MÁXIMA DA MISTURA(VV=0) AASHTO T-209/94 (RICE) = (r)

OBTIDO 1,018 **PROJETO** 1,016 **DESVIO** 0,002

2,444 **2,419** **0,025**

MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA COM 75 GOLPES / FACE DO CP NA TEMPERATURA DE 170 - 175°C														
ESPESSURA DO CP(cm)	Nº DO CP	PESO NO AR SECO	PESO NO AR SAT SUP SECA (SSS)	PESO NA ÁGUA	VOLUME DO CP	DENS. APARENTE g/cm³	%VAZIOS DE AR (Va%)	VAZIOS NO AGREG. MINERAL	VAZIOS DE ASFALTO % VAM	LEITURA NA PRENSA (kgf)	CARGA APLICADA (daN) = 0,984 L - 4,624	DIÂMETRO DO CP (cm)	ESPESSURA DO CP(cm)	RESISTÊNCIA A TRAÇÃO (MPa)
a	-	b	c	d	v = c - d	e = $\frac{b}{v}$	AASHTO R-35	AASHTO R-35	AASHTO R-35	L	K	s	a	$\frac{2K}{\pi sa}$
6,420	103	1211,90	1213,90	699,60	514,3	2,356	3,6	16,5	78,3	3.274	3.217,0	10,16	6,420	3,1
6,450	104	1194,60	1198,00	688,30	509,7	2,344	4,1	17,0	75,8	2.991	2.938,5	10,16	6,450	2,9
6,530	105	1230,10	1213,30	695,60	517,7	2,376	2,8	15,9	82,4	2.977	2.924,7	10,16	6,530	2,8
MÉDIA					2,359	3,5	16,5	78,9						2,9
DADOS DO TRAÇO CCR-JBR-EME-014/2010-R2-SEM CAL					2,344	3,6	16,1	77,3		-	-	-	-	3,0
DESVIO					0,015	-0,1	0,4	1,5		-	-	-	-	-0,1

$$Va\% = 100 \frac{r - e}{r} \quad VAM = 100 - \frac{e(100 - h)}{f} \quad VCA = 100 \frac{VAM - Va\%}{VAM}$$

CALIBRAÇÃO METROLAB / 2010

CÓPIA ELETRÔNICA ORIGINAL ASSINADA POR

VALÉRIA FARIA

Coord. Centro de Pesquisa

*(DESIGNAÇÃO AASHTO R-35) = PROJETO VOLUMÉTRICO SUPERPAVE PARA MISTURAS ASFÁLTICAS A QUENTE (MAQ)



COMENTÁRIOS DO CERTIFICADO N° 0738/2010

Concessionária NovaDutra Rodovia Presid. Dutra (BR-116) Regional S.Paulo

CONSTRUTORA: CCR-JBR-EME-014/2010

LOCAL DA COLETA: Km 170+420 - PISTA: NORTE - FAIXA: 2 - 1^a CAMADA - CARRO PLACA: CLK 5560

AS PENEIRAS N° 200 - N° 80 - N° 40 - ESTÃO FORA DA FAIXA DE TRABALHO. O TEOR DE ASFALTO ESTÁ 0,1% ABAIXO DOS LIMITES ACEITÁVEIS.

Conforme a ET-E-008 (AASHTO M-323) item 6.1.3, esta granulometria obtida é classificada de GRADUAÇÃO FINA

Santa Isabel,

23-jul-10

CÓPIA ELETRÔNICA ORIGINAL ASSINADA POR

VALÉRIA FARIA

Coord. Centro de Pesquisa



COMENTÁRIOS DO CERTIFICADO N° 0788/2010

Concessionária NovaDutra Rodovia Presid. Dutra (BR-116) Regional S.Paulo

CONSTRUTORA: PESQUISA - CAP ALTO MÓDULO

OBSERVAÇÃO: CAP - ALTO MÓDULO

LOCAL DA COLETA: USINA: SERVENG (JAMBEIRO) - CARRO PLACA: BWF 1212

A AMOSTRA ANALISADA ESTÁ DE ACORDO COM O TRAÇO ESTUDADO

Conforme a ET-E-008 (AASHTO M-323) item 6.1.3, esta granulometria obtida é classificada de GRADUAÇÃO GROSSA

Santa Isabel,

10-set-10

CÓPIA ELETRÔNICA ORIGINAL ASSINADA POR
VALÉRIA FARIA
COORD. CENTRO DE PESQUISAS

 CCR NovaDutra	Concessionária NovaDutra Rodovia Presid. Dutra (BR-116) Regional S.Paulo	DATA DA EMISSÃO 10/09/2010
DATA DA AMOSTRAGEM CCR-JBR-EME-014/2010	TEOR DE ASFALTO : EN-GER-A1-PV/ME-E-006 (T-164) - FORNO THERMOLYNE ANÁLISE GRANULOMÉTRICA : EN-GER-A1-PV/ME-E-014 (T-30) - TRAÇÃO DNIT ME 138 - MASSA ESPECÍFICA MÁXIMA DE MISTURAS ASFÁLTICAS : EN-GER-A1-PV/ME-E-002 (T-209) - MASSA ESPECÍFICA APARENTE DE MISTURAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS :EN- GER-A1-PV/ME-E-005 (T-166)	CERTIFICADO N° 00788/2010

CONCRETO ASFÁLTICO (CA) FAIXA FRANCESA

ESPECIFICAÇÃO : EME 0/14

CONSTRUTORA: PESQUISA - CAP ALTO MÓDULO

Nº DO TRAÇO CCR-JBR-EME-014/2010

USINA SERVENG - JAMBEIRO - GRAVIMÉTRICA

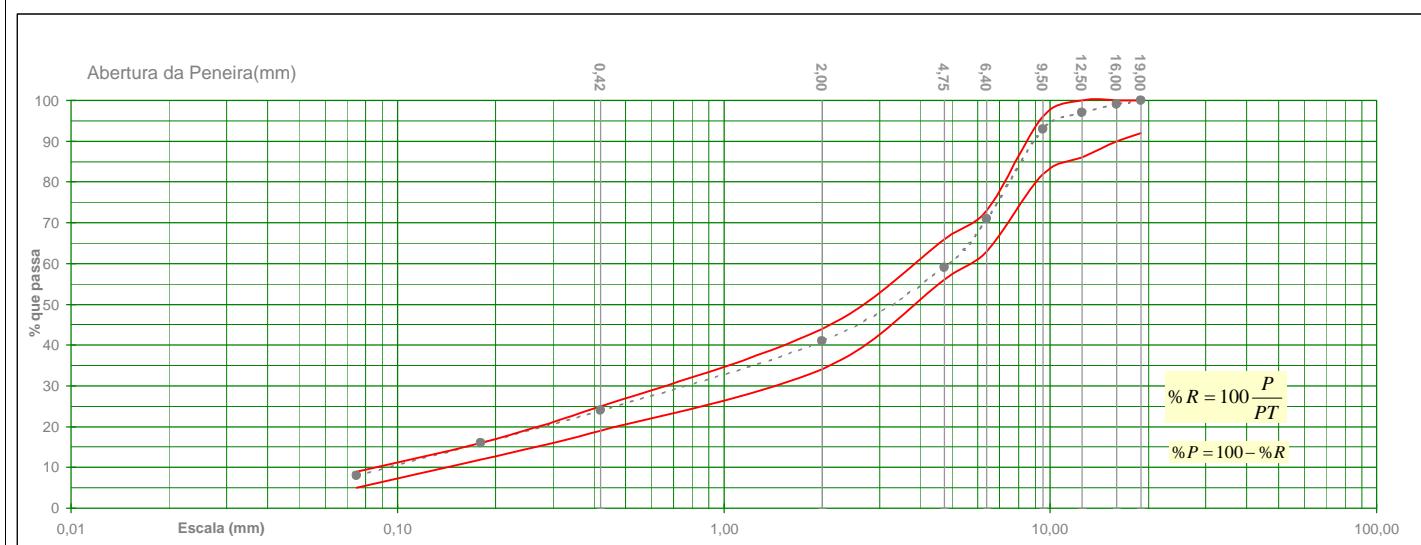
AGREGADOS da PEDREIRA JAMBEIRO

LOCAL DA COLETA: USINA: SERVENG (JAMBEIRO) - CARRO PLACA: BWF 1212

OBSERVAÇÃO: CAP - ALTO MÓDULO

RESPONSÁVEL PELA AMOSTRAGEM: Adilson

PESO TOTAL (PT)	1603,3	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA : EN-GER-A1-PV/ME-E-014 (T-30) -						TEOR DE ASFALTO : EN-GER-A1-PV/ME-E-006 (T-164) - FORNO THERMOLYNE					
PENEIRA NÚMERO	ABERTURA mm	PESO	(%)	(%) PASSA ACUMULADA	ESPECIFICAÇÃO	PESO INICIAL (I)	1703,0	CONST. TEMPERATURA (C)	0,18	FATOR CALIBRADO (Fa)	1603,3	$I-F$	$h=100-C+Fa$
		(g)	RETIDA	%P	FAIXA DE TRABALHO	PESO FINAL (F)	0,31				I		
3/4"	19,00	0,0	0,0	100	92	100							
5/8"	16,00	13,0	0,8	99	90	100	% LIGANTE (h)	6,0	EM RELAÇÃO À MISTURA TOTAL				
1/2"	12,50	49,0	3,1	97	86	100	TEOR DE PROJETO	5,8	ADICIONADO				
3/8"	9,50	119,6	7,5	93	82	96	DESVIO	0,2					
1/4"	6,40	462,2	28,8	71	63	73							
Nº 4	4,75	657,0	41,0	59	56	66							
Nº 10	2,00	947,5	59,1	41	34	44							
Nº 40	0,42	1223,6	76,3	24	19	25							
Nº 80	0,18	1352,1	84,3	16	12	16							
Nº 200	0,08	1479,6	92,3	8	5	9	DESVIO EM RELAÇÃO À PORCENTAGEM DE CAP EM VOLUME= 9 %						



Conforme a ET-E-008 (AASHTO M-323) item 6.1.3, esta granulometria obtida é classificada de GRADUAÇÃO GROSSA

OBTIDO **PROJETO** **DESVIO**

DENSIDADE DO LIGANTE

1,016 1,016 0,000

DENSIDADE APARENTE DOS AGREGADOS (SSS)

(f) 2,645 2,630 0,015

DENS. MÁXIMA DA MISTURA(VV=0) AASHTO T-209/94 (RICE) =

(r) 2,437 2,425 0,012

DENSIDADE EFETIVA DOS AGREGADOS

2,676 2,661 0,015

MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA COM 75 GOLPES / FACE DO CP NA TEMPERATURA DE 148 - 152°C

ESPESSURA DO CP(cm)	Nº DO CP	PESO NO AR SECO	PESO NO AR SAT SUP SECA (SSS)	PESO NA ÁGUA	VOLUME DO CP	DENS. APARENTE g/cm³	%VAZIOS DE AR (Va%) AASHTO R-35	VAZIOS NO AGREG. MINERAL % VAM AASHTO R-35	VAZIOS CHEIOS DE ASFALTO % VCA AASHTO R-35	LEITURA NA PRENSA (L)	CARGA APLICADA (daN) = 0,984 L - 4,624	DIÂMETRO DO CP (cm)	ESPESSURA DO CP(cm)	RESISTÊNCIA A TRAÇÃO (MPa)
a	-	b	c	d	v = c - d	e = $\frac{b}{v}$				K		s	a	$\frac{2K}{\pi s a}$
6,500	106	1208,80	1214,30	693,30	521,0	2,320	4,8	17,6	72,6	2.812	2.762,4	10,16	6,500	2,7
6,530	107	1205,60	1211,00	691,20	519,8	2,319	4,8	17,6	72,5	2.840	2.789,9	10,16	6,530	2,7
6,540	108	1214,50	1221,70	696,00	525,7	2,310	5,2	17,9	70,9	2.715	2.666,9	10,16	6,540	2,6
MÉDIA					2,317	4,9	17,7	72,0						2,6
DADOS DO TRAÇO CCR-JBR-EME-014/2010					2,344	3,6	16,1	77,3		-	-	-	-	3,0
DESVIO					-0,027	1,3	1,6	-5,3		-	-	-	-	-0,4

*(DESIGNAÇÃO AASHTO R-35) = PROJETO VOLUMÉTRICO SUPERPAVE PARA MISTURAS ASFÁLTICAS A QUENTE (MAQ)

$$Va\% = 100 \frac{r - e}{r} \quad VAM = 100 - \frac{e(100 - h)}{f} \quad VCA = 100 \frac{VAM - Va\%}{VAM}$$

CALIBRAÇÃO METROLAB / 2010
CÓPIA ELETRÔNICA ORIGINAL ASSINADA POR
VALÉRIA FARIA
COORD. CENTRO DE PESQUISAS

	RODOVIA PRESIDENTE DUTRA REGIONAL SP	DATA DA EMISSÃO 10/09/2010
	DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE FORMA PELO MÉTODO DO PAQUÍMETRO - ABNT NBR 7809	
DATA DA COLETA 15/04/2010		CERTIFICADO 0447/2010

PESQUISA - CAP ALTO MÓDULO

MATERIAL: BRITA 1

PEDREIRA: JAMBEIRO

TRAÇO: CCR-JBR-EME-014/2010-R2

DATA DA COLETA 15/04/2010

OBTENÇÃO DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS

GRANULOMETRIA

PENEIRA	ABERTURA	% PASSA ACUMULADA	% RETIDA ACUMULADA	% RETIDA INDIVIDUAL	FRAÇÃO
F 3/4"	19,1	94,0	6,0	6,0	F 3/4"
F 5/8"	16,0	70,5	29,5	23,5	F 5/8"
F 1/2"	12,5	34,8	65,2	35,6	F 1/2"
F 3/8"	9,5	9,6	90,4	25,3	F 3/8"
F N° 4	4,8	0,9	99,1	8,6	F N° 4

SOMA DAS FRAÇÕES REPRESENTATIVAS (>5%)

$$n_i = \frac{200F_i}{\sum F_i}$$

CÁLCULO DO N° n DE GRÃOS DA FRAÇÃO

n = 200 (Nº DE GRÃOS NECESSÁRIOS)

n_i = N° DE GRÃOS DA FRAÇÃO i

F_i = % RETIDA INDIVIDUAL DA FRAÇÃO i

F = % RETIDAS INDIVIDUAIS DAS FRAÇÕES REPRESENTATIVAS

$$\begin{aligned} n(F 3/4") &= 200 \times 6,0 \div 99,1 = 12 \text{ GRÃOS} \\ n(F 5/8") &= 200 \times 23,5 \div 99,1 = 48 \text{ GRÃOS} \\ n(F 1/2") &= 200 \times 35,6 \div 99,1 = 72 \text{ GRÃOS} \\ n(F 3/8") &= 200 \times 25,3 \div 99,1 = 51 \text{ GRÃOS} \\ n(F N° 4) &= 200 \times 8,6 \div 99,1 = 17 \text{ GRÃOS} \end{aligned}$$

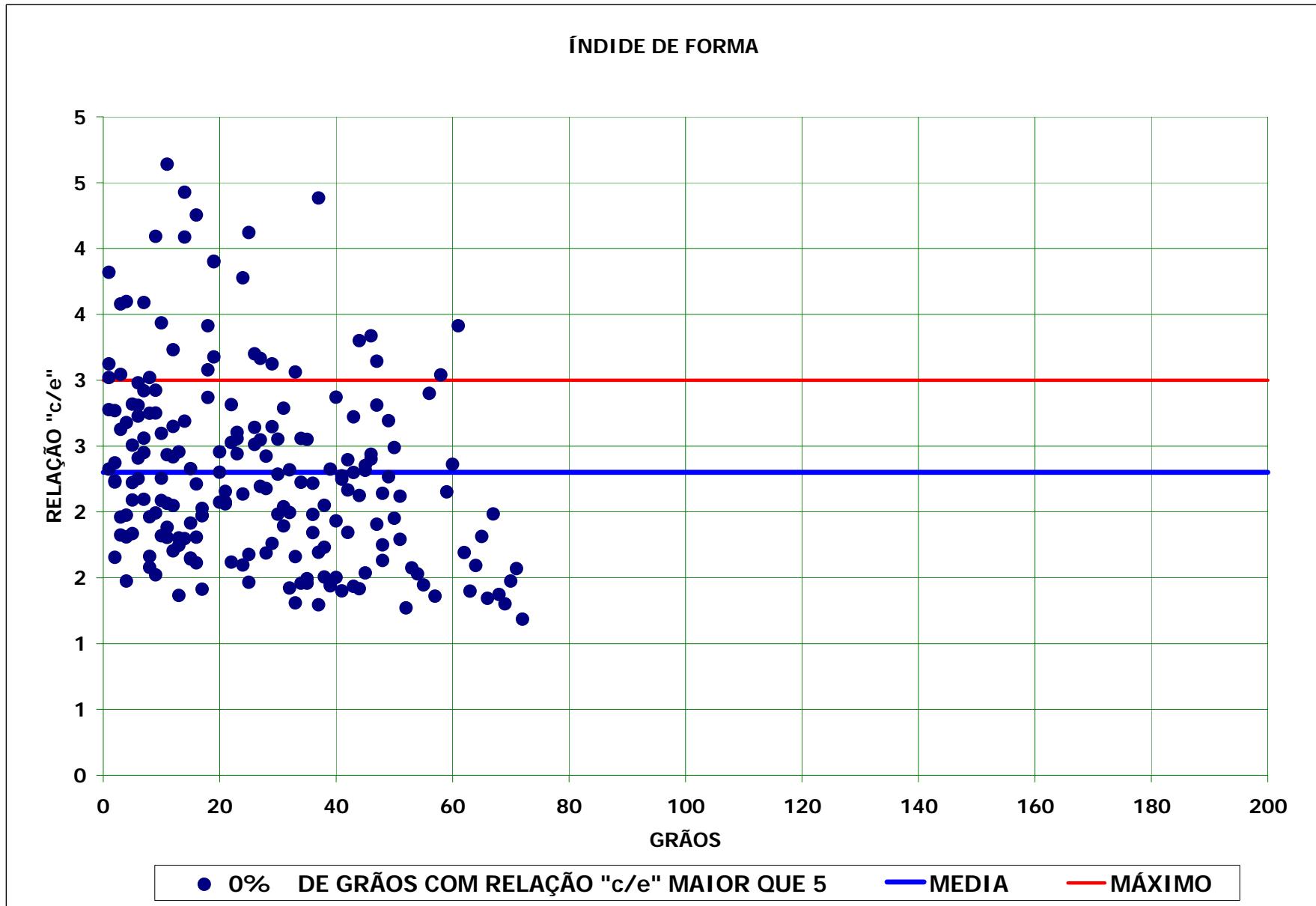
TOTAL 200

ÍNDICE (1:x) DE FORMA DO AGREGADO DA PEDREIRA: JAMBEIRO = 1 : 2,3

0% DE GRÃOS COM RELAÇÃO "c/e" MAIOR QUE 5

APROVADO

CÓPIA ELETRÔNICA ORIGINAL ASSINADA POR
VALÉRIA FARIA
Coord. Centro de Pesquisa



CERTIFICADO 0447/2010

PEDREIRA: JAMBEIRO

MATERIAL: BRITA 1

 CCR Engelog	RODOVIA PRESIDENTE DUTRA REGIONAL SP	DATA DA EMISSÃO 10/09/2010
DATA DA COLETA 15/04/2010	DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE FORMA PELO MÉTODO DO PAQUÍMETRO - ABNT NBR 7809	CERTIFICADO 0448/2010
PESQUISA - CAP ALTO MÓDULO MATERIAL: PEDRISCO PEDREIRA: JAMBEIRO TRAÇO: CCR-JBR-EME-014/2010-R2 DATA DA COLETA 15/04/2010		

OBTENÇÃO DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS

GRANULOMETRIA

PENEIRA	ABERTURA	% PASSA ACUMULADA	% RETIDA ACUMULADA	% RETIDA INDIVIDUAL	FRAÇÃO DE	FRAÇÃO
F 3/4"	25,4	100,0	0,0	0,0	F 3/4"	
F 5/8"	16,0	100,0	0,0	0,0	F 5/8"	
F 1/2"	12,7	100,0	0,0	0,0	F 1/2"	
F 3/8"	9,5	95,9	4,1	4,1	F 3/8"	
F N° 4	4,8	15,2	84,8	80,7	F N° 4	
SOMA DAS FRAÇÕES REPRESENTATIVAS (>5%)				80,7		

AS FRAÇÕES F 3/4" - F 5/8" - F 1/2" - F 3/8" - FORAM DESPREZADAS

$$Ni = \frac{200Fi}{\sum_{F1}^{Fn}}$$

CÁLCULO DO N° n DE GRÃOS DA FRAÇÃO

n = 200 (Nº DE GRÃOS NECESSÁRIOS)

ni = N° DE GRÃOS DA FRAÇÃO i

Fi = % RETIDA INDIVIDUAL DA FRAÇÃO i

F = % RETIDAS INDIVIDUAIS DAS FRAÇÕES REPRESENTATIVAS

$$n(F N° 4) = 200 \times 80,7 \div 80,7 = 200 \text{ GRÃOS}$$

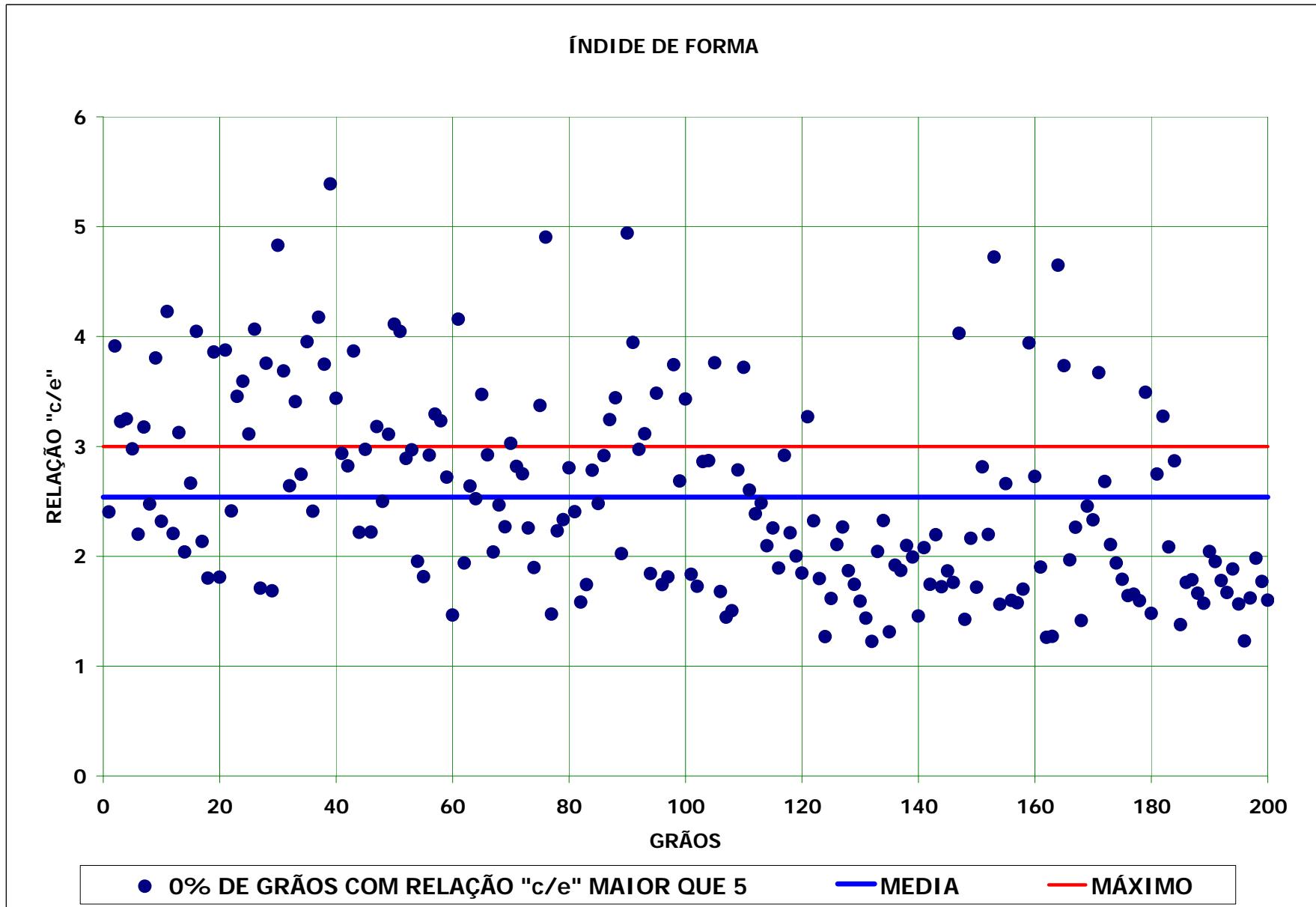
TOTAL 200

ÍNDICE (1:x) DE FORMA DO AGREGADO DA PEDREIRA: JAMBEIRO = 1:2,5

0% DE GRÃOS COM RELAÇÃO "c/e" MAIOR QUE 5

APROVADO

CÓPIA ELETRÔNICA ORIGINAL ASSINADA POR
VALÉRIA FARIA
Coord. Centro de Pesquisa



CERTIFICADO 0448/2010

PEDREIRA: JAMBEIRO

MATERIAL: PEDRISCO

 CCR <i>NovaDutra</i>	RODOVIA PRESIDENTE DUTRA REGIONAL SP	DATA DA EMISSÃO 11/06/2010
	DESGASTE DE AGREGADOS POR ABRASÃO NA MÁQUINA LOS ANGELES - ABNT NBR-6465	
DATA DA AMOSTRAGEM 15/04/2010		CERTIFICADO Nº 0522/2010

PESQUISA - CAP ALTO MÓDULO
PEDREIRA: JAMBEIRO
MATERIAL: BRITA 1
TIPO DE ROCHA: GRANITO CINZA CLARO

PENEIRA		PESO DA AMOSTRA (g)					
PASSANDO	RETIDO	BRITA 2 + BRITA 1		BRITA 1		PEDRISCO	PÓ DE PEDRA
1 1/2"	1"	1250 ± 25					
1"	3/4"	1250 ± 25					
3/4"	1/2"	1250 ± 10		2500 ± 10	2500		
1/2"	3/8"	1250 ± 10		2500 ± 10	2500,6		
3/8"	1/4"				2500 ± 10		
1/4"	Nº 4				2500 ± 10		
Nº 4	Nº 8					5000±10	
PESO ORIGINAL DA AMOSTRA LAVADA - g		5000±10		5000±10	5000,6	5000±10	
RETIDO NA # 12 LAVADA -g					3459,3		
PASSANDO NA # 12 APÓS O ENSAIO - g					1541,3		
% DE ABRASÃO					30,8		
GRADUAÇÕES		A		B		C	D
Nº DE ESFERAS		12		11		8	6
Nº DE ROTAÇÕES (30a33 RPM)		500		500		500	500
CARGA ABRASIVA - g		5000 ± 25		4584 ± 25		3330 ± 20	2500 ± 15
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;"> CÓPIA ELETRÔNICA ORIGINAL ASSINADA POR VALÉRIA FARIA Coordenadora Centro de Pesquisa </div>							

	RODOVIA PRESIDENTE DUTRA SP	DATA DA EMISSÃO 02/08/2010
DATA DA COLETA: 15/04/2010	MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA COM 120 GOLPES TEMP. 170 à 175°C	CERTIFICADO N° 0558/2010

CONCRETO ASFÁLTICO (FAIXA FRANCESA - EME 0/14)

TRAÇO: CCR-JBR-EME-014/2010-R2 - SEM CAL

PEDREIRA: JAMBEIRO

PESQUISA - CAP ALTO MÓDULO

TEOR ÓTIMO + 0,3%

6,1 %

2,422

CP Nº	ALTURA (cm)	PESO SECO AO AR	PESO AO AR SSS	PESO IMERSO	VOLUME	DENSIDADE APARENTE	% DE VAZIOS
81	6,330	1212,20	1212,40	702,30	510,10	2,376	1,88
82	6,332	1202,80	1203,20	695,30	507,90	2,368	2,22
83	6,292	1210,80	1210,80	703,00	507,80	2,384	1,55
						Média	1,89

CÓPIA ELETRÔNICA ORIGINAL ASSINADA POR

VALÉRIA FARIA

Coord. Centro de Pesquisas

Levantamentos Deflectométricos

Levantamento Deflectométrico com FWD - Topo da Estrutura Primitiva

Rodovia: Presidente Dutra - BR-116
 Pista: Norte (São Paulo)
 Sentido: Rio de Janeiro

Faixa: 2
 Trecho: Estrutura Primitiva

Data: 29/06/2010

km	Força (kgf)	Deflexões (0,01 mm)							Temp. Ar (°C)	Temp. Pav. (°C)	Obs
		D0	D200	D300	D450	D600	D900	D1200			
171.000	4100	61.7	47.0	35.9	23.3	15.5	7.9	5.9	9	20	seção de avaliação onde está prevista RECONSTRUÇÃO
170.980	4100	43.5	35.2	30.0	23.7	19.1	11.4	7.9	9	20	seção de avaliação onde está prevista RECONSTRUÇÃO
170.960	4100	39.9	33.8	28.8	22.5	18.6	10.6	7.1	9	20	seção de avaliação onde está prevista RECONSTRUÇÃO
170.940	4100	33.3	27.8	23.5	18.3	14.7	8.6	6.0	9	20	seção de avaliação onde está prevista RECONSTRUÇÃO
170.920	4100	57.1	42.7	35.5	27.3	21.8	11.8	7.6	9	20	seção de avaliação onde está prevista RECONSTRUÇÃO
170.900	4100	16.8	14.7	13.3	11.5	10.1	7.0	5.4	9	20	seção de avaliação onde está prevista RECONSTRUÇÃO
170.880	4100	31.3	25.0	20.9	16.3	13.0	7.9	5.5	10	20	seção de avaliação onde está prevista RECONSTRUÇÃO
170.860	4100	54.8	45.5	35.4	24.9	20.1	12.1	7.4	10	20	seção de avaliação onde está prevista RECONSTRUÇÃO
170.840	4100	27.4	24.1	20.3	15.5	11.6	7.3	5.3	10	20	seção de avaliação onde está prevista RECONSTRUÇÃO
170.820	4100	34.6	29.2	25.8	21.2	17.0	10.1	7.0	10	20	seção de avaliação onde está prevista RECONSTRUÇÃO
170.810	4100	28.1	23.7	20.8	16.8	13.7	8.6	5.8	10	20	seção de avaliação onde está prevista RECONSTRUÇÃO
170.800	4100	33.6	29.5	25.3	19.5	14.6	7.5	5.0	10	20	seção de avaliação onde está prevista RECONSTRUÇÃO
170.780	4100	37.8	30.6	25.7	19.5	15.0	8.3	5.5	11	20	seção de avaliação onde está previsto 14cm - EME
170.760	4100	40.9	34.6	30.0	23.1	17.6	8.9	5.0	11	20	seção de avaliação onde está previsto 14cm - EME
170.740	4100	25.9	21.8	18.7	14.4	11.3	6.1	4.1	11	20	seção de avaliação onde está previsto 14cm - EME
170.720	4100	18.7	15.7	13.5	10.8	8.6	5.0	3.4	12	20	seção de avaliação onde está previsto 14cm - EME
170.700	4100	49.1	39.4	32.8	24.2	17.8	8.2	4.3	12	20	seção de avaliação onde está previsto 14cm - EME
170.690	4100	25.6	21.9	19.2	15.3	12.2	7.2	4.2	10	20	seção de avaliação onde está previsto 14cm - EME
170.680	4100	34.9	27.7	22.6	16.8	12.1	5.6	2.7	11	20	seção de avaliação onde está previsto 14cm - EME
170.660	4100	33.2	26.1	20.7	14.8	10.3	4.4	2.2	10	20	seção de avaliação onde está previsto 14cm - EME
170.640	4100	30.2	25.7	21.6	16.2	12.3	5.9	3.0	10	20	seção de avaliação onde está previsto 14cm - EME
170.620	4100	34.5	28.3	23.8	17.8	13.3	6.4	3.4	10	20	seção de avaliação onde está previsto 14cm - EME
170.600	4100	50.0	37.4	28.5	17.5	12.4	4.4	1.5	10	20	seção de avaliação onde está previsto 14cm - EME
170.580	4100	51.6	40.5	31.8	20.5	13.2	5.0	1.9	10	20	seção de avaliação onde está previsto 11cm - EME
170.560	4100	50.4	38.2	28.7	20.4	13.4	6.9	3.6	10	20	seção de avaliação onde está previsto 11cm - EME
170.540	4100	43.6	32.3	24.9	17.4	12.5	5.8	2.9	10	20	seção de avaliação onde está previsto 11cm - EME
170.520	4100	38.4	32.5	24.3	16.4	10.3	3.4	1.6	11	20	seção de avaliação onde está previsto 11cm - EME
170.500	4100	45.0	33.1	24.5	15.2	8.9	2.5	0.7	11	20	seção de avaliação onde está previsto 11cm - EME
170.480	4100	39.8	30.0	24.2	16.9	11.4	4.7	2.2	11	20	seção de avaliação onde está previsto 11cm - EME
170.460	4100	29.0	20.0	15.2	10.6	7.7	3.6	1.9	11	20	seção de avaliação onde está previsto 11cm - EME
170.440	4100	49.6	35.1	26.5	16.1	9.5	3.4	1.7	11	20	seção de avaliação onde está previsto 11cm - EME
170.420	4100	46.5	32.9	25.5	17.4	12.1	5.2	2.4	11	20	seção de avaliação onde está previsto 11cm - EME
170.400	4100	24.2	19.6	16.3	12.3	9.4	4.5	2.3	11	20	seção de avaliação onde está previsto 11cm - EME
170.380	4100	42.7	32.3	25.3	17.9	13.0	5.7	2.8	11	20	seção de avaliação onde está previsto 8cm - EME

Levantamento Deflectométrico com FWD - Topo da Estrutura Primitiva

Rodovia: Presidente Dutra - BR-116
 Pista: Norte (São Paulo)
 Sentido: Rio de Janeiro

Faixa: 2
 Trecho: Estrutura Primitiva

Data: 29/06/2010

km	Força (kgf)	Deflexões (0,01 mm)							Temp. Ar (°C)	Temp. Pav. (°C)	Obs
		D0	D200	D300	D450	D600	D900	D1200			
170.360	4100	49.0	27.3	21.2	14.5	10.7	5.9	4.1	11	20	seção de avaliação onde está previsto 8cm - EME
170.340	4100	36.8	31.2	26.7	20.8	16.2	8.6	5.0	10	20	seção de avaliação onde está previsto 8cm - EME
170.320	4100	51.5	40.0	32.6	23.8	17.6	9.2	5.7	10	20	seção de avaliação onde está previsto 8cm - EME
170.300	4100	41.7	34.1	28.8	21.9	17.2	9.2	6.0	10	20	seção de avaliação onde está previsto 8cm - EME
170.280	4100	48.5	42.2	34.5	26.1	19.7	10.5	6.8	9	20	seção de avaliação onde está previsto 8cm - EME
170.260	4100	37.0	29.5	24.6	19.0	14.4	7.4	4.5	10	20	seção de avaliação onde está previsto 8cm - EME
170.240	4100	48.6	39.2	32.9	23.2	17.1	9.4	6.3	10	20	seção de avaliação onde está previsto 8cm - EME
170.220	4100	33.4	26.3	22.0	17.5	13.8	7.8	5.4	9	20	seção de avaliação onde está previsto 8cm - EME
170.200	4100	51.2	39.9	32.3	23.3	17.3	8.8	5.2	9	20	seção de avaliação onde está previsto 8cm - EME
170.180	4100	31.5	26.9	23.6	19.6	16.4	10.4	7.4	9	20	seção de avaliação onde está previsto 8cm - EME
170.160	4100	24.4	19.8	16.9	13.4	11.2	7.4	5.6	9	20	seção de avaliação onde está previsto 8cm - CAP 30/45
170.140	4100	14.6	11.3	9.7	7.8	6.8	4.6	3.6	9	20	seção de avaliação onde está previsto 8cm - CAP 30/45
170.120	4100	27.9	21.8	18.0	13.7	10.7	6.0	3.8	9	20	seção de avaliação onde está previsto 8cm - CAP 30/45
170.100	4100	25.0	18.8	14.1	10.4	8.1	4.4	2.9	9	20	seção de avaliação onde está previsto 8cm - CAP 30/45
170.080	4100	20.6	16.6	13.8	10.4	8.0	4.4	2.6	9	20	seção de avaliação onde está previsto 8cm - CAP 30/45
170.060	4100	30.0	22.0	17.1	11.9	8.8	4.0	2.4	10	20	seção de avaliação onde está previsto 8cm - CAP 30/45
170.040	4100	20.9	17.1	14.5	11.4	8.8	5.0	3.1	10	20	seção de avaliação onde está previsto 8cm - CAP 30/45
170.020	4100	27.0	22.0	18.6	14.4	11.3	6.4	4.1	10	20	seção de avaliação onde está previsto 8cm - CAP 30/45

Levantamento Deflectométrico com FWD - Fundo da Caixa Fresada (Topo da Estrutura Remanescente)

Rodovia: Presidente Dutra - BR-116
 Pista: Norte (São Paulo)
 Sentido: Rio de Janeiro

Faixa: 2
 Trecho: Fundo da Caixa Fresada (Topo da Estrutura Remanescente)

Data: 30/06/2010 a 13/08/2010

km	Força (kgf)	Deflexões (0,01 mm)							Temp. Ar (°C)	Temp. Pav. (°C)	Obs
		D0	D200	D300	D450	D600	D900	D1200			
170.790	4100	63.1	44.9	32.1	20.1	13.5	6.8	5.0	10	20	data do levantamento: 30/06/2010
170.780	4100	67.4	48.8	34.5	20.6	12.7	6.5	5.1	10	20	data do levantamento: 30/06/2010
170.760	4100	105.7	66.9	43.2	21.7	11.0	5.8	5.4	11	20	data do levantamento: 30/06/2010
170.740	4100	51.4	34.7	24.9	15.2	9.3	4.3	3.3	11	20	data do levantamento: 30/06/2010
170.720	4100	54.1	35.8	25.9	16.0	10.0	4.0	2.6	11	20	data do levantamento: 30/06/2010
170.700	4100	72.5	52.5	37.8	21.7	11.9	4.3	2.7	11	20	data do levantamento: 30/06/2010
170.680	4100	59.9	40.9	29.4	15.6	8.1	2.3	1.4	9	20	data do levantamento: 01/07/2010
170.660	4100	55.3	37.0	25.1	12.8	6.6	2.2	1.3	9	20	data do levantamento: 01/07/2010
170.640	4100	64.4	40.8	28.7	15.9	8.2	2.8	1.4	10	20	data do levantamento: 01/07/2010
170.620	4100	68.0	46.2	30.8	17.0	9.2	3.2	2.0	9	20	data do levantamento: 01/07/2010
170.610	4100	57.1	38.3	27.5	15.7	8.8	3.0	1.5	9	20	data do levantamento: 01/07/2010
170.590	4100	65.0	43.3	31.5	18.6	10.5	3.0	1.0	11	20	data do levantamento: 02/07/2010
170.580	4100	68.6	48.7	36.6	23.1	13.9	4.6	1.4	11	20	data do levantamento: 02/07/2010
170.560	4100	72.4	54.4	41.8	26.1	16.0	5.2	2.0	11	20	data do levantamento: 02/07/2010
170.540	4100	65.4	50.1	38.5	25.3	15.8	5.7	2.3	11	20	data do levantamento: 02/07/2010
170.520	4100	56.6	36.6	26.1	13.7	7.4	1.8	0.8	13	20	data do levantamento: 02/07/2010
170.500	4100	47.0	32.4	22.5	10.9	5.3	0.8	0.4	12	20	data do levantamento: 02/07/2010
170.480	4100	58.3	40.1	28.8	16.5	8.6	2.1	0.8	12	20	data do levantamento: 02/07/2010
170.460	4100	35.0	24.6	19.5	13.0	8.2	2.8	1.3	12	20	data do levantamento: 02/07/2010
170.440	4100	62.9	41.3	29.4	16.5	9.0	2.4	1.1	13	20	data do levantamento: 02/07/2010
170.420	4100	70.8	47.2	33.3	18.1	9.8	2.4	1.1	13	20	data do levantamento: 02/07/2010
170.410	4100	31.7	23.4	17.5	11.0	6.7	2.1	0.7	14	20	data do levantamento: 02/07/2010
170.390	4100	52.2	36.6	27.1	16.9	9.9	3.0	0.9	12	20	data do levantamento: 07/07/2010
170.380	4100	54.8	37.5	27.1	16.6	10.1	2.3	1.6	12	20	data do levantamento: 07/07/2010
170.370	4100	21.8	12.5	8.8	6.1	4.4	1.7	1.5	12	20	data do levantamento: 07/07/2010
170.360	4100	24.2	14.2	11.2	8.8	7.2	4.1	3.6	12	20	data do levantamento: 07/07/2010
170.350	4100	54.3	36.0	26.3	16.0	9.9	3.6	2.6	12	20	data do levantamento: 07/07/2010
170.340	4100	65.3	47.0	36.8	23.6	15.3	5.7	4.0	12	20	data do levantamento: 07/07/2010
170.330	4100	54.3	38.4	29.9	19.8	13.1	5.4	3.7	13	20	data do levantamento: 07/07/2010
170.320	4100	66.7	48.4	37.4	24.5	16.0	6.0	4.3	12	20	data do levantamento: 07/07/2010
170.310	4100	64.5	47.3	36.2	24.1	15.6	7.0	5.0	12	20	data do levantamento: 07/07/2010
170.300	4100	69.9	50.5	37.5	23.9	14.3	5.4	4.6	12	20	data do levantamento: 07/07/2010
170.290	4100	59.5	44.7	34.2	22.9	15.7	8.3	5.7	12	20	data do levantamento: 07/07/2010
170.280	4100	61.7	46.4	36.8	25.7	18.0	8.8	6.7	12	20	data do levantamento: 07/07/2010

Levantamento Deflectométrico com FWD - Fundo da Caixa Fresada (Topo da Estrutura Remanescente)

Rodovia: Presidente Dutra - BR-116
 Pista: Norte (São Paulo)
 Sentido: Rio de Janeiro

Faixa: 2
 Trecho: Fundo da Caixa Fresada (Topo da Estrutura Remanescente)

Data: 30/06/2010 a 13/08/2010

km	Força (kgf)	Deflexões (0,01 mm)							Temp. Ar (°C)	Temp. Pav. (°C)	Obs
		D0	D200	D300	D450	D600	D900	D1200			
170.270	4100	66.9	48.1	36.7	24.3	16.5	7.2	5.7	10	20	data do levantamento: 07/07/2010
170.260	4100	55.2	40.8	31.8	21.6	14.7	6.6	4.0	10	20	data do levantamento: 07/07/2010
170.250	4100	56.5	42.6	32.6	21.8	14.7	6.5	4.7	11	20	data do levantamento: 07/07/2010
170.240	4100	66.7	50.1	38.7	26.1	18.0	8.8	5.6	11	20	data do levantamento: 07/07/2010
170.230	4100	39.0	29.1	23.0	16.6	12.4	6.1	5.0	11	20	data do levantamento: 07/07/2010
170.220	4100	53.8	38.2	30.2	20.5	14.2	7.1	4.7	10	20	data do levantamento: 07/07/2010
170.210	4100	61.1	43.9	33.7	21.9	14.7	6.7	5.0	10	20	data do levantamento: 07/07/2010
170.200	4100	76.4	55.3	41.9	26.2	16.3	6.5	4.3	11	20	data do levantamento: 07/07/2010
170.190	4100	76.4	56.7	43.3	28.4	18.9	8.3	5.3	10	20	data do levantamento: 07/07/2010
170.180	4100	60.1	45.8	36.9	26.8	18.9	10.1	6.9	10	20	data do levantamento: 07/07/2010
170.170	4100	59.5	44.4	36.2	26.1	19.3	10.6	7.2	10	20	data do levantamento: 07/07/2010
170.160	4100	40.4	30.2	24.9	19.1	14.4	8.2	4.5	12	20	data do levantamento: 13/08/2010
170.150	4100	31.0	18.9	13.6	9.9	7.8	5.1	4.1	12	20	data do levantamento: 13/08/2010
170.140	4100	21.6	15.0	12.2	9.1	7.3	4.8	3.0	12	20	data do levantamento: 13/08/2010
170.130	4100	21.2	16.0	13.5	10.6	8.3	4.7	2.6	12	20	data do levantamento: 13/08/2010
170.120	4100	38.5	26.1	20.1	14.3	10.2	4.5	2.9	12	20	data do levantamento: 13/08/2010
170.110	4100	33.8	22.0	16.7	11.1	7.7	3.4	3.0	12	20	data do levantamento: 13/08/2010
170.100	4100	42.4	26.2	19.6	12.5	7.8	3.4	1.4	12	20	data do levantamento: 13/08/2010
170.090	4100	31.5	22.3	17.4	11.7	8.1	3.6	2.6	13	20	data do levantamento: 13/08/2010
170.080	4100	47.3	32.6	24.3	15.8	10.2	3.8	2.0	12	20	data do levantamento: 13/08/2010
170.070	4100	40.2	28.0	21.3	13.8	8.8	3.1	1.9	12	20	data do levantamento: 13/08/2010
170.060	4100	50.7	30.3	22.1	13.3	8.2	2.9	1.3	12	20	data do levantamento: 13/08/2010
170.050	4100	55.0	37.5	28.9	18.6	12.1	4.5	1.6	12	20	data do levantamento: 13/08/2010
170.040	4100	59.2	41.4	32.6	22.0	14.9	5.8	2.8	12	20	data do levantamento: 13/08/2010
170.030	4100	59.0	40.1	30.9	20.2	13.5	5.4	3.4	12	20	data do levantamento: 13/08/2010
170.020	4100	51.3	34.5	26.4	17.9	12.2	6.2	2.2	13	20	data do levantamento: 13/08/2010

Levantamento Deflectométrico com FWD - Topo da Camada de EME

Rodovia: Presidente Dutra - BR-116
 Pista: Norte (São Paulo)
 Sentido: Rio de Janeiro

Faixa: 2
 Trecho: Topo da Camada de EME

Data: 19/08/2010

km	Força (kgf)	Deflexões (0,01 mm)							Temp. Ar (°C)	Temp. Pav. (°C)	Obs
		D0	D200	D300	D450	D600	D900	D1200			
170.790	4100	23.9	20.6	18.2	15.0	12.2	8.3	4.6	15	20	14cm - EME (data da exec:30/06/2010)
170.780	4100	20.7	18.4	16.7	13.8	11.6	7.8	5.0	15	20	14cm - EME (data da exec:30/06/2010)
170.770	4100	24.9	21.5	19.1	15.6	12.6	8.3	5.7	15	20	14cm - EME (data da exec:30/06/2010)
170.760	4100	18.9	16.3	14.2	11.8	9.6	6.7	4.5	15	20	14cm - EME (data da exec:30/06/2010)
170.750	4100	15.6	13.8	12.5	10.5	8.9	6.6	4.3	16	20	14cm - EME (data da exec:30/06/2010)
170.741	4100	20.7	17.4	15.2	12.2	9.9	6.2	4.5	16	20	14cm - EME (data da exec:30/06/2010)
170.730	4100	15.0	12.6	11.0	8.9	7.2	4.7	2.7	16	20	14cm - EME (data da exec:30/06/2010)
170.720	4100	15.4	13.6	12.1	10.0	8.3	5.4	3.1	16	20	14cm - EME (data da exec:30/06/2010)
170.710	4100	23.9	20.7	18.2	14.6	11.5	7.0	3.7	16	20	14cm - EME (data da exec:30/06/2010)
170.700	4100	21.7	19.2	17.0	13.6	11.0	6.7	3.6	17	20	14cm - EME (data da exec:30/06/2010)
170.690	4100	21.8	18.4	16.0	12.5	9.8	5.7	3.2	17	20	14cm - EME (data da exec:01/07/2010)
170.680	4100	17.6	15.0	13.0	10.1	7.5	4.3	1.8	17	20	14cm - EME (data da exec:01/07/2010)
170.670	4100	14.2	12.2	10.6	8.5	6.5	4.0	1.9	17	20	14cm - EME (data da exec:01/07/2010)
170.660	4100	16.6	13.9	12.3	9.8	7.6	4.5	1.8	17	20	14cm - EME (data da exec:01/07/2010)
170.650	4100	22.1	18.7	16.1	12.5	9.7	5.6	2.9	17	20	14cm - EME (data da exec:01/07/2010)
170.640	4100	24.0	20.5	17.6	13.7	10.4	6.0	2.6	17	20	14cm - EME (data da exec:01/07/2010)
170.630	4100	20.6	17.4	15.2	11.8	9.2	5.3	2.2	17	20	14cm - EME (data da exec:01/07/2010)
170.620	4100	24.3	20.1	17.1	12.9	9.7	5.3	2.0	18	20	14cm - EME (data da exec:01/07/2010)
170.610	4100	25.6	22.0	18.9	14.8	11.3	6.3	1.8	17	20	14cm - EME (data da exec:01/07/2010)
170.600	4100	24.7	20.7	17.4	13.0	9.4	4.9	2.3	18	20	14cm - EME (data da exec:01/07/2010)
170.590	4100	32.5	25.7	20.5	14.4	9.8	4.9	0.9	18	20	11cm - EME (data da exec:02/07/2010)
170.580	4100	24.5	20.0	16.7	12.7	9.2	5.0	2.0	17	20	11cm - EME (data da exec:02/07/2010)
170.570	4100	22.2	18.7	16.3	12.6	9.7	5.7	2.5	18	20	11cm - EME (data da exec:02/07/2010)
170.560	4100	22.5	18.9	16.1	12.5	9.6	6.0	2.4	17	20	11cm - EME (data da exec:02/07/2010)
170.550	4100	25.5	20.8	17.2	12.8	9.4	5.4	2.5	18	20	11cm - EME (data da exec:02/07/2010)
170.540	4100	20.6	17.7	14.8	11.2	8.3	4.4	2.3	17	20	11cm - EME (data da exec:02/07/2010)
170.530	4100	29.2	23.2	19.0	14.0	10.2	5.6	2.9	17	20	11cm - EME (data da exec:02/07/2010)
170.520	4100	25.2	20.8	17.7	13.4	9.9	5.3	3.0	17	20	11cm - EME (data da exec:02/07/2010)
170.510	4100	23.2	19.5	16.3	12.3	9.2	5.2	3.0	17	20	11cm - EME (data da exec:02/07/2010)
170.500	4100	25.9	20.5	16.7	11.9	8.4	4.3	2.4	18	20	11cm - EME (data da exec:02/07/2010)
170.490	4100	21.6	17.3	14.0	10.1	7.0	3.8	1.8	17	20	11cm - EME (data da exec:02/07/2010)
170.480	4100	27.8	22.8	19.0	14.1	10.5	6.0	3.5	18	20	11cm - EME (data da exec:02/07/2010)
170.470	4100	19.7	16.1	13.8	10.8	8.4	5.1	3.0	18	20	11cm - EME (data da exec:02/07/2010)
170.460	4100	22.2	18.1	14.7	10.8	7.6	4.0	2.2	18	20	11cm - EME (data da exec:02/07/2010)

Levantamento Deflectométrico com FWD - Topo da Camada de EME

Rodovia: Presidente Dutra - BR-116
 Pista: Norte (São Paulo)
 Sentido: Rio de Janeiro

Faixa: 2
 Trecho: Topo da Camada de EME

Data: 19/08/2010

km	Força (kgf)	Deflexões (0,01 mm)							Temp. Ar (°C)	Temp. Pav. (°C)	Obs
		D0	D200	D300	D450	D600	D900	D1200			
170.450	4100	20.3	16.5	13.6	10.2	7.4	4.1	3.1	18	20	11cm - EME (data da exec:02/07/2010)
170.440	4100	21.3	17.3	14.2	10.1	7.2	3.7	2.9	18	20	11cm - EME (data da exec:02/07/2010)
170.430	4100	30.5	26.5	22.4	17.0	12.5	7.2	4.1	18	20	11cm - EME (data da exec:02/07/2010)
170.420	4100	23.9	19.5	15.8	11.4	8.0	4.1	2.3	18	20	11cm - EME (data da exec:02/07/2010)
170.410	4100	13.4	10.6	8.7	6.5	4.9	2.5	1.1	18	20	11cm - EME (data da exec:02/07/2010)
170.400	4100	23.3	17.6	14.3	10.6	7.7	4.3	2.8	18	20	11cm - EME (data da exec:02/07/2010)
170.390	4100	27.3	21.3	16.6	11.9	8.3	4.7	3.0	18	20	8cm - EME (data da exec:07/07/2010)
170.380	4100	14.4	11.2	8.9	6.8	5.1	3.4	1.7	18	20	8cm - EME (data da exec:07/07/2010)
170.370	4100	11.4	7.9	6.0	4.4	3.4	2.6	2.2	18	20	8cm - EME (data da exec:07/07/2010)
170.360	4100	36.3	29.5	24.3	17.9	13.4	8.1	5.0	18	20	8cm - EME (data da exec:07/07/2010)
170.350	4100	30.2	24.3	19.7	14.5	10.6	6.1	3.9	18	20	8cm - EME (data da exec:07/07/2010)
170.340	4100	29.1	23.9	19.7	15.1	11.5	7.4	4.5	18	20	8cm - EME (data da exec:07/07/2010)
170.330	4100	31.1	24.9	20.6	15.7	12.1	8.0	5.0	18	20	8cm - EME (data da exec:07/07/2010)
170.320	4100	46.0	36.7	29.9	22.0	15.9	9.4	6.1	18	20	8cm - EME (data da exec:07/07/2010)
170.310	4100	47.4	37.5	30.4	22.5	16.8	10.4	6.5	19	20	8cm - EME (data da exec:07/07/2010)
170.300	4100	40.2	32.3	26.8	20.1	15.1	9.9	6.5	19	20	8cm - EME (data da exec:07/07/2010)
170.290	4100	43.7	34.5	28.4	20.8	15.5	10.0	8.4	18	20	8cm - EME (data da exec:07/07/2010)
170.280	4100	36.6	30.0	25.0	19.4	15.2	10.5	7.8	18	20	8cm - EME (data da exec:07/07/2010)
170.270	4100	33.2	26.8	21.9	16.2	12.1	7.8	5.5	19	20	8cm - EME (data da exec:07/07/2010)
170.260	4100	31.2	25.0	20.9	16.0	12.1	8.0	5.5	19	20	8cm - EME (data da exec:07/07/2010)
170.250	4100	39.4	31.4	25.5	18.8	13.7	8.5	5.3	20	20	8cm - EME (data da exec:07/07/2010)
170.240	4100	31.1	25.0	20.9	16.3	12.6	8.9	6.4	21	20	8cm - EME (data da exec:07/07/2010)
170.230	4100	24.9	19.8	16.6	13.0	10.3	7.5	5.2	19	20	8cm - EME (data da exec:07/07/2010)
170.220	4100	36.9	28.8	23.3	17.0	12.3	7.7	5.0	20	20	8cm - EME (data da exec:07/07/2010)
170.210	4100	36.3	28.8	23.7	17.6	13.2	8.6	5.3	20	20	8cm - EME (data da exec:07/07/2010)
170.200	4100	36.6	30.3	25.1	19.1	14.4	9.1	5.5	20	20	8cm - EME (data da exec:07/07/2010)
170.190	4100	38.8	31.7	26.2	19.7	14.7	9.5	6.0	20	20	8cm - EME (data da exec:07/07/2010)
170.180	4100	28.9	23.8	20.5	16.9	13.9	10.5	7.3	20	20	8cm - EME (data da exec:07/07/2010)
170.170	4100	27.0	23.2	20.2	16.2	13.2	9.9	8.2	19	20	8cm - EME (data da exec:07/07/2010)
170.160	4100	24.4	19.0	16.2	12.9	10.4	8.0	6.2	19	20	8cm - CAP 30/45 (data da exec: 13/08/2010)
170.150	4100	16.5	12.4	9.8	7.5	6.1	5.0	3.8	20	20	8cm - CAP 30/45 (data da exec: 13/08/2010)
170.140	4100	12.2	9.7	8.2	6.8	5.8	4.7	3.4	20	20	8cm - CAP 30/45 (data da exec: 13/08/2010)
170.130	4100	14.1	10.4	8.5	6.9	5.7	4.6	2.9	20	20	8cm - CAP 30/45 (data da exec: 13/08/2010)
170.120	4100	18.6	14.6	11.9	9.1	7.1	5.0	2.9	20	20	8cm - CAP 30/45 (data da exec: 13/08/2010)

Levantamento Deflectométrico com FWD - Topo da Camada de EME

Rodovia: Presidente Dutra - BR-116
 Pista: Norte (São Paulo)
 Sentido: Rio de Janeiro

Faixa: 2
 Trecho: Topo da Camada de EME

Data: 19/08/2010

km	Força (kgf)	Deflexões (0,01 mm)							Temp. Ar (°C)	Temp. Pav. (°C)	Obs
		D0	D200	D300	D450	D600	D900	D1200			
170.109	4100	16.9	12.5	9.9	7.5	5.5	3.9	2.1	20	20	8cm - CAP 30/45 (data da exec: 13/08/2010)
170.100	4100	24.5	17.2	13.1	9.1	6.4	4.0	2.7	20	20	8cm - CAP 30/45 (data da exec: 13/08/2010)
170.090	4100	18.0	13.6	11.1	8.2	6.1	3.9	3.0	20	20	8cm - CAP 30/45 (data da exec: 13/08/2010)
170.080	4100	22.8	17.5	13.8	10.1	7.4	4.3	2.7	19	20	8cm - CAP 30/45 (data da exec: 13/08/2010)
170.070	4100	21.8	16.0	12.6	8.9	6.3	3.8	2.3	19	20	8cm - CAP 30/45 (data da exec: 13/08/2010)
170.060	4100	22.9	16.9	12.9	9.0	6.3	3.7	2.5	19	20	8cm - CAP 30/45 (data da exec: 13/08/2010)
170.050	4100	25.3	19.5	15.5	11.4	8.5	5.0	2.1	19	20	8cm - CAP 30/45 (data da exec: 13/08/2010)
170.040	4100	26.3	20.1	16.8	12.6	9.4	6.5	3.6	20	20	8cm - CAP 30/45 (data da exec: 13/08/2010)
170.030	4100	28.3	21.5	17.3	12.8	9.6	6.1	3.3	20	20	8cm - CAP 30/45 (data da exec: 13/08/2010)
170.020	4100	25.7	19.8	15.9	11.8	9.0	5.8	3.1	20	20	8cm - CAP 30/45 (data da exec: 13/08/2010)

Levantamento Deflectométrico com FWD - Topo da Camada de Gap-Graded

Rodovia: Presidente Dutra - BR-116
 Pista: Norte (São Paulo)
 Sentido: Rio de Janeiro

Faixa: 2
 Trecho: Topo da Camada de Gap Graded

Data: 19/10/2010

km	Força (kgf)	Deflexões (0,01 mm)							Temp. Ar (°C)	Temp. Pav. (°C)	Obs
		D0	D200	D300	D450	D600	D900	D1200			
171.000	4100	19.9	14.5	13.5	12.6	10.4	9.4	5.2	29	20	seção de avaliação onde foi executada RECONSTRUÇÃO
170.990	4100	16.4	11.8	9.9	8.2	6.5	4.0	3.5	31	20	seção de avaliação onde foi executada RECONSTRUÇÃO
170.980	4100	14.8	11.0	9.6	7.9	6.5	4.4	3.9	31	20	seção de avaliação onde foi executada RECONSTRUÇÃO
170.970	4100	21.2	16.0	13.9	11.5	9.4	8.5	7.1	33	20	seção de avaliação onde foi executada RECONSTRUÇÃO
170.960	4100	22.6	17.0	14.7	12.0	9.4	8.3	6.6	31	20	seção de avaliação onde foi executada RECONSTRUÇÃO
170.950	4100	21.1	15.3	13.4	11.0	8.9	7.8	7.0	32	20	seção de avaliação onde foi executada RECONSTRUÇÃO
170.940	4100	20.0	14.3	12.5	10.3	8.5	7.7	6.4	32	20	seção de avaliação onde foi executada RECONSTRUÇÃO
170.930	4100	27.8	20.1	17.7	14.6	12.5	7.7	7.2	31	20	seção de avaliação onde foi executada RECONSTRUÇÃO
170.920	4100	28.1	21.2	18.4	15.6	12.8	7.8	6.6	31	20	seção de avaliação onde foi executada RECONSTRUÇÃO
170.910	4100	24.3	18.0	15.5	12.6	10.2	8.1	6.0	31	20	seção de avaliação onde foi executada RECONSTRUÇÃO
170.900	4100	20.2	15.3	13.4	11.3	9.4	7.9	6.7	30	20	seção de avaliação onde foi executada RECONSTRUÇÃO
170.890	4100	16.7	12.0	10.4	8.3	6.7	4.1	3.6	31	20	seção de avaliação onde foi executada RECONSTRUÇÃO
170.880	4100	19.8	13.6	11.6	9.5	7.9	6.6	5.9	31	20	seção de avaliação onde foi executada RECONSTRUÇÃO
170.870	4100	20.4	14.3	12.5	10.5	8.8	7.5	6.1	30	20	seção de avaliação onde foi executada RECONSTRUÇÃO
170.860	4100	21.3	15.5	13.4	11.1	9.0	8.1	5.5	31	20	seção de avaliação onde foi executada RECONSTRUÇÃO
170.850	4100	20.9	15.5	13.9	11.4	9.3	7.8	5.3	31	20	seção de avaliação onde foi executada RECONSTRUÇÃO
170.840	4100	19.9	14.7	13.3	11.1	9.4	8.3	6.2	30	20	seção de avaliação onde foi executada RECONSTRUÇÃO
170.830	4100	21.1	15.3	13.4	11.3	9.4	7.8	6.3	29	20	seção de avaliação onde foi executada RECONSTRUÇÃO
170.820	4100	14.6	10.6	9.1	7.3	5.8	3.7	3.2	29	20	seção de avaliação onde foi executada RECONSTRUÇÃO
170.810	4100	15.0	11.2	9.9	8.0	6.4	4.1	3.6	29	20	seção de avaliação onde foi executada RECONSTRUÇÃO
170.800	4100	29.8	22.7	18.5	13.1	9.5	7.5	4.2	28	20	seção de avaliação onde foi executada RECONSTRUÇÃO
170.790	4100	22.9	17.1	14.5	11.3	8.5	8.4	5.1	29	20	seção de avaliação onde foi executado 14cm - EME
170.780	4100	24.3	18.4	15.6	11.5	8.7	6.5	6.0	29	20	seção de avaliação onde foi executado 14cm - EME
170.770	4100	30.8	24.0	20.3	15.2	11.2	9.5	5.6	28	20	seção de avaliação onde foi executado 14cm - EME
170.760	4100	22.1	16.3	13.3	9.4	6.8	6.1	3.6	28	20	seção de avaliação onde foi executado 14cm - EME
170.750	4100	17.9	12.9	10.8	8.3	6.4	6.1	4.0	28	20	seção de avaliação onde foi executado 14cm - EME
170.740	4100	30.3	22.6	18.1	12.3	8.3	6.0	3.4	28	20	seção de avaliação onde foi executado 14cm - EME
170.730	4100	20.5	14.5	11.7	8.4	6.0	4.6	2.8	28	20	seção de avaliação onde foi executado 14cm - EME
170.720	4100	29.7	22.1	17.6	12.1	7.9	5.3	3.9	27	20	seção de avaliação onde foi executado 14cm - EME
170.710	4100	29.8	22.6	18.6	13.5	9.4	6.4	2.6	28	20	seção de avaliação onde foi executado 14cm - EME
170.700	4100	26.5	20.2	16.9	12.4	9.1	6.1	2.2	28	20	seção de avaliação onde foi executado 14cm - EME
170.690	4100	22.3	16.5	13.5	9.4	6.4	4.3	3.0	29	20	seção de avaliação onde foi executado 14cm - EME
170.680	4100	19.2	14.1	11.4	7.8	5.2	3.6	2.6	30	20	seção de avaliação onde foi executado 14cm - EME
170.670	4100	18.7	14.2	11.5	8.3	5.7	4.4	3.1	28	20	seção de avaliação onde foi executado 14cm - EME

Levantamento Deflectométrico com FWD - Topo da Camada de Gap-Graded

Rodovia: Presidente Dutra - BR-116
 Pista: Norte (São Paulo)
 Sentido: Rio de Janeiro

Faixa: 2
 Trecho: Topo da Camada de Gap Graded

Data: 19/10/2010

km	Força (kgf)	Deflexões (0,01 mm)							Temp. Ar (°C)	Temp. Pav. (°C)	Obs
		D0	D200	D300	D450	D600	D900	D1200			
170.660	4100	23.1	18.1	14.7	10.3	6.9	4.5	1.6	31	20	seção de avaliação onde foi executado 14cm - EME
170.650	4100	23.9	18.4	15.1	10.7	7.5	5.0	2.6	28	20	seção de avaliação onde foi executado 14cm - EME
170.640	4100	25.1	19.6	15.9	11.6	7.9	5.7	2.8	28	20	seção de avaliação onde foi executado 14cm - EME
170.630	4100	25.4	20.1	17.0	12.2	8.7	6.5	2.8	29	20	seção de avaliação onde foi executado 14cm - EME
170.620	4100	35.8	26.7	21.6	15.0	10.4	6.0	3.8	28	20	seção de avaliação onde foi executado 14cm - EME
170.610	4100	31.0	24.3	20.0	14.2	9.8	5.7	3.0	28	20	seção de avaliação onde foi executado 14cm - EME
170.600	4100	39.3	27.7	21.1	13.8	8.7	5.0	2.5	27	20	seção de avaliação onde foi executado 14cm - EME
170.590	4100	40.8	30.5	24.1	16.4	11.1	6.4	3.8	27	20	seção de avaliação onde foi executado 11cm - EME
170.580	4100	31.1	23.2	18.6	12.9	8.7	5.3	3.0	27	20	seção de avaliação onde foi executado 11cm - EME
170.570	4100	28.0	21.8	18.0	13.0	9.4	6.7	2.6	28	20	seção de avaliação onde foi executado 11cm - EME
170.560	4100	33.8	26.5	21.8	15.3	10.6	6.8	3.1	29	20	seção de avaliação onde foi executado 11cm - EME
170.550	4100	43.4	31.7	24.6	16.6	10.7	5.5	2.4	29	20	seção de avaliação onde foi executado 11cm - EME
170.540	4100	26.6	20.4	16.5	11.8	7.9	4.9	3.3	28	20	seção de avaliação onde foi executado 11cm - EME
170.530	4100	32.0	22.8	18.1	12.2	7.9	4.3	2.5	28	20	seção de avaliação onde foi executado 11cm - EME
170.520	4100	29.7	23.3	18.9	13.6	9.6	5.9	3.0	27	20	seção de avaliação onde foi executado 11cm - EME
170.510	4100	25.0	18.9	15.5	10.5	7.1	4.4	1.9	28	20	seção de avaliação onde foi executado 11cm - EME
170.500	4100	33.0	24.5	19.5	13.0	8.5	4.3	2.1	28	20	seção de avaliação onde foi executado 11cm - EME
170.490	4100	27.6	20.3	15.9	10.7	7.1	4.4	1.7	28	20	seção de avaliação onde foi executado 11cm - EME
170.480	4100	40.5	31.1	25.4	18.6	13.1	8.4	4.9	28	20	seção de avaliação onde foi executado 11cm - EME
170.470	4100	27.4	20.5	16.1	11.2	7.6	4.6	1.1	28	20	seção de avaliação onde foi executado 11cm - EME
170.460	4100	30.8	22.5	18.2	12.9	9.3	5.7	2.4	27	20	seção de avaliação onde foi executado 11cm - EME
170.450	4100	27.9	21.8	17.5	12.2	8.2	3.8	1.5	26	20	seção de avaliação onde foi executado 11cm - EME
170.440	4100	48.6	35.7	27.0	17.8	11.1	4.9	2.4	26	20	seção de avaliação onde foi executado 11cm - EME
170.430	4100	37.6	28.5	22.7	15.1	10.1	5.3	2.8	25	20	seção de avaliação onde foi executado 11cm - EME
170.420	4100	22.8	16.9	13.3	8.8	5.6	2.2	1.5	26	20	seção de avaliação onde foi executado 11cm - EME
170.410	4100	30.4	22.8	17.9	12.1	7.9	5.2	2.1	25	20	seção de avaliação onde foi executado 11cm - EME
170.400	4100	32.5	22.9	17.8	11.6	7.6	3.8	2.3	24	20	seção de avaliação onde foi executado 11cm - EME
170.390	4100	33.5	24.8	18.6	11.8	7.8	4.5	3.0	25	20	seção de avaliação onde foi executado 8cm - EME
170.380	4100	18.8	10.7	7.2	4.4	3.1	2.5	2.4	26	20	seção de avaliação onde foi executado 8cm - EME
170.370	4100	27.5	13.6	9.1	6.4	5.4	4.2	3.6	25	20	seção de avaliação onde foi executado 8cm - EME
170.360	4100	37.9	24.6	18.2	11.8	7.9	5.2	2.1	26	20	seção de avaliação onde foi executado 8cm - EME
170.350	4100	34.6	25.1	19.7	14.1	10.4	6.6	4.7	25	20	seção de avaliação onde foi executado 8cm - EME
170.340	4100	39.6	28.7	22.4	15.8	11.0	7.1	4.6	24	20	seção de avaliação onde foi executado 8cm - EME
170.320	4100	44.5	32.6	26.1	18.4	13.3	8.4	4.6	25	20	seção de avaliação onde foi executado 8cm - EME

Levantamento Deflectométrico com FWD - Topo da Camada de Gap-Graded

Rodovia: Presidente Dutra - BR-116
 Pista: Norte (São Paulo)
 Sentido: Rio de Janeiro

Faixa: 2
 Trecho: Topo da Camada de Gap Graded

Data: 19/10/2010

km	Força (kgf)	Deflexões (0,01 mm)							Temp. Ar (°C)	Temp. Pav. (°C)	Obs
		D0	D200	D300	D450	D600	D900	D1200			
170.310	4100	46.1	33.4	26.7	18.7	13.3	9.1	5.9	24	20	seção de avaliação onde foi executado 8cm - EME
170.300	4100	43.3	31.4	25.0	17.8	13.2	8.3	6.3	24	20	seção de avaliação onde foi executado 8cm - EME
170.290	4100	43.6	32.8	26.7	19.6	14.5	10.6	7.2	23	20	seção de avaliação onde foi executado 8cm - EME
170.280	4100	44.6	32.7	26.5	19.2	14.2	10.0	6.4	23	20	seção de avaliação onde foi executado 8cm - EME
170.270	4100	39.7	28.7	22.6	15.2	10.9	6.7	2.2	23	20	seção de avaliação onde foi executado 8cm - EME
170.260	4100	39.3	29.5	23.7	16.5	12.1	8.1	4.1	23	20	seção de avaliação onde foi executado 8cm - EME
170.250	4100	43.2	33.1	26.3	18.5	13.3	8.5	4.9	23	20	seção de avaliação onde foi executado 8cm - EME
170.240	4100	30.4	23.9	20.0	14.8	11.5	8.1	6.0	23	20	seção de avaliação onde foi executado 8cm - EME
170.230	4100	41.5	31.1	24.7	17.4	12.5	8.1	5.7	23	20	seção de avaliação onde foi executado 8cm - EME
170.220	4100	42.6	32.5	26.4	18.3	13.2	8.4	4.7	22	20	seção de avaliação onde foi executado 8cm - EME
170.210	4100	47.8	37.6	30.6	21.8	15.4	9.1	5.3	22	20	seção de avaliação onde foi executado 8cm - EME
170.200	4100	49.1	37.9	30.3	21.0	14.9	9.5	6.7	22	20	seção de avaliação onde foi executado 8cm - EME
170.190	4100	34.6	27.6	23.7	18.3	14.5	10.1	6.8	22	20	seção de avaliação onde foi executado 8cm - EME
170.180	4100	39.9	31.0	25.9	19.2	15.0	10.2	6.9	21	20	seção de avaliação onde foi executado 8cm - EME
170.170	4100	24.1	18.0	15.2	12.1	10.1	8.3	6.9	21	20	seção de avaliação onde foi executado 8cm - CAP 30/45
170.160	4100	25.3	17.1	13.1	9.0	7.0	5.6	3.9	21	20	seção de avaliação onde foi executado 8cm - CAP 30/45
170.150	4100	18.2	13.2	10.5	8.0	6.4	5.3	3.8	22	20	seção de avaliação onde foi executado 8cm - CAP 30/45
170.140	4100	32.0	23.4	17.9	11.7	7.9	4.8	3.5	22	20	seção de avaliação onde foi executado 8cm - CAP 30/45
170.130	4100	27.3	19.8	15.9	11.3	8.2	5.2	2.8	21	20	seção de avaliação onde foi executado 8cm - CAP 30/45
170.120	4100	27.1	17.6	12.4	8.0	5.3	3.7	2.5	22	20	seção de avaliação onde foi executado 8cm - CAP 30/45
170.110	4100	37.1	23.6	16.6	10.2	6.5	4.0	1.9	22	20	seção de avaliação onde foi executado 8cm - CAP 30/45
170.100	4100	27.0	19.1	14.9	10.1	7.0	4.3	2.3	22	20	seção de avaliação onde foi executado 8cm - CAP 30/45
170.080	4100	37.0	25.0	18.3	11.5	7.2	3.6	2.9	22	20	seção de avaliação onde foi executado 8cm - CAP 30/45
170.060	4100	48.2	34.1	25.1	16.1	10.1	4.7	2.7	22	20	seção de avaliação onde foi executado 8cm - CAP 30/45
170.050	4100	40.8	28.9	22.3	14.9	9.9	5.4	3.4	21	20	seção de avaliação onde foi executado 8cm - CAP 30/45
170.040	4100	40.9	28.4	21.7	14.9	10.5	6.3	3.7	21	20	seção de avaliação onde foi executado 8cm - CAP 30/45
170.030	4100	44.5	32.3	24.9	16.8	11.3	6.6	3.5	21	20	seção de avaliação onde foi executado 8cm - CAP 30/45
170.020	4100	23.7	17.9	14.7	10.9	8.1	5.3	3.8	21	20	seção de avaliação onde foi executado 8cm - CAP 30/45