



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

TARCÍSIO DA SILVA BRANDÃO

**ESTUDO DO DESEMPENHO FUNCIONAL DE MICRO
REVESTIMENTO ASFÁLTICO A FRIO COM EMULSÃO MODIFICADA
POR POLÍMERO, NA RODOVIA TO-050 NO TRECHO PALMAS –
PORTO NACIONAL DO KM 48 AO KM 60.**

**Palmas
2016**



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

TARCÍSIO DA SILVA BRANDÃO

**ESTUDO DO DESEMPENHO FUNCIONAL DE MICRO
REVESTIMENTO ASFÁLTICO A FRIO COM EMULSÃO MODIFICADA
POR POLÍMERO, NA RODOVIA TO-050 NO TRECHO PALMAS –
PORTO NACIONAL DO KM 48 AO KM 60.**

Projeto apresentado como requisito da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do curso de Engenharia Civil, orientado pelo Professor Especialista Euzir Pinto Chagas.

**Palmas
2016**



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

TARCÍSIO DA SILVA BRANDÃO

ESTUDO DO DESEMPENHO FUNCIONAL DE MICRO REVESTIMENTO ASFÁLTICO A FRIO COM EMULSÃO MODIFICADA POR POLÍMERO, NA RODOVIA TO-050 NO TRECHO PALMAS – PORTO NACIONAL DO KM 48 AO KM 60.

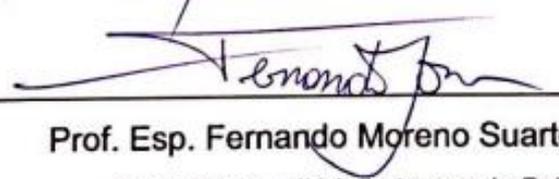
Projeto apresentado como requisito da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do Curso de Engenharia Civil, orientado pelo Professor Especialista Euzir Pinto Chagas.

Aprovada em 03 de junho de 2016.

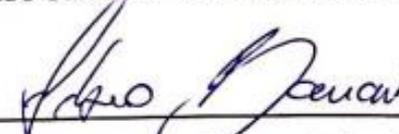
BANCA EXAMINADORA



Prof. Esp. Euzir Pinto Chagas
Centro Universitário Luterano de Palmas



Prof. Esp. Fernando Moreno Suarte Júnior
Centro Universitário Luterano de Palmas



Prof. Msc. Fabrício Bassani dos Santos
Centro Universitário Luterano de Palmas

Palmas - TO
2016

AGRADECIMENTOS

Enfim chega o grande momento da minha vida, a realização de um sonho. Gostaria de agradecer a Deus por me proporcionar amparo e sabedoria, sem ele tudo que tanto lutei não seria possível.

Aos meus pais, Adilson Brandão e Maria dos Reis, pois são os grandes exemplos na minha vida, onde cresci com suas lições de vida e por muitas vezes compartilharam da minha angustia, mas sempre presentes me apoiando.

Aos meus irmãos, Elves e Thiago, que foram grandes motivadores nos momentos que a dúvida e a insegurança dificultavam a conquista.

A minha namorada, que persistiu e presenciou por muitas noites a falta de humor, que por várias vezes se dedicou e compartilhou a vontade de alcançar o meu grande objetivo.

Aos meus familiares e amigos que de alguma forma contribuíram direta ou indiretamente para essa conquista.

Aos meus professores responsáveis pelo conhecimento adquirido, por tornar esse sonho realidade. Ao meu orientador Euzir Chagas que me guiou pelo rumo correto, agradeço pelos ensinamentos compartilhados e de grande valia para este trabalho e paciência

E em especial, aos engenheiros colaboradores, a empresa que me auxílio, e para meu amigo e Engenheiro Civil Ronnyere que por muitas vezes me atendeu durante a madrugada para alguns auxílios.

Obrigado a todas a pessoas que contribuíram para o sucesso deste trabalho.

BRANDÃO, T. S. **ESTUDO DO DESEMPENHO FUNCIONAL DE MICRO REVESTIMENTO ASFÁLTICO A FRIO COM EMULSÃO MODIFICADA POR POLÍMERO, NA RODOVIA TO-050 NO TRECHO PALMAS – PORTO NACIONAL DO KM 48 AO KM 60.** 2016. 119 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil). Centro Luterano de Palmas/Universidade Luterana do Brasil, Palmas/TO.

RESUMO

O presente trabalho desenvolve-se um estudo do desempenho funcional do micro revestimento asfáltico modificado por polímero, na rodovia TO-050 do trecho Palmas – Porto Nacional, referente aos km 48 e km 60. Pretende-se analisar questionamentos sobre a capacidade do micro revestimento em prolongar a vida útil de projeto, assim reduzindo custos elevados para obras de reconstrução. Para isto, se realizou procedimentos para aferição durante todas as etapas da restauração dividindo-se em 6 (seis) etapas.

A primeira, é formada pela realização do levantamento visual contínuo apoiada na norma estabelecida pelo DNIT, para se determinar o índice de estado de superfície do pavimento antes das obras de restauração.

Na segunda etapa, é formada pelo acompanhamento, identificação e avaliação dos procedimentos utilizados dos reparos das patologias com procedimentos executivos do DNIT.

Na terceira etapa foram acompanhados a preparação da superfície do pavimento para se iniciar aplicação do micro revestimento, registrando os devidos cuidados em relação aos componentes do corpo estradal.

A quarta etapa, foi a que mais necessitou de cuidados, na qual, foi o processo de avaliação dos materiais empregos na obra, formada por uma pesquisa bibliográfica complexa para avaliação e aceitação dos ensaios exigidos pela norma do DNIT. Juntamente com os ensaios de controle tecnológico se atentou aos devidos cuidados por parte da empresa de engenharia com os devidos acabamentos e reparos caso de necessário.

A quinta etapa, foi a realização do último levantamento visual contínuo em campo após um período de 7 (sete) meses da finalização das obras.

Por fim, com todos os aspectos e informações coletadas, realizou-se uma etapa final, em que foi possível estabelecer métodos executivos, de reparos, a fim de relacionar o desempenho do micro revestimento sobre a rodovia TO-050.

Palavras-chaves: Micro revestimento; asfáltico; polímero; Levantamento; patologias; manifestações; betume; agregados; desempenho; estrutural; recapeamento.

BRANDÃO, T. S. **MICRO COATING OF FUNCTIONAL PERFORMANCE STUDY asphaltic COLD WITH EMULSION MODIFIED BY POLYMER IN HIGHWAY TO-050 IN STRETCH PALMS - PORTO NACIONAL KM 48 TO KM 60**. 2016. 119 f. Work Completion of course (Bachelor of Civil Engineering). Lutheran Center Palmas / Lutheran University of Brazil, Palmas / TO.

ABSTRACT

This paper develops a study of the functional performance of the micro asphalt coating polymer modified, on the highway TO-050 palms stretch - Porto Nacional, referring to km 48 and km 60. The aim is to analyze questions about the ability of micro coating to extend the life of the project, thus reducing high costs for reconstruction works. For this took place procedures to measure during all stages of the restoration divided into six (6) steps.

The first is formed by carrying out continuous visual survey supported by the standard established by the DNIT, to determine the pavement surface state index before the restoration works.

In the second stage, is formed for monitoring, identification and assessment of the procedures used for repairs of diseases with DNIT executive procedures.

In the third step were followed to prepare the floor surface to begin application of micro surfacing, recording due care in relation to the components of estradal body.

The fourth stage was the most needed care, which was the process of evaluating the materials jobs in the work, formed by a complex literature for evaluation and acceptance of the tests required by the standard of the DNIT. Along with the technological control tests are looked to appropriate care by the engineering firm with the necessary finishing and repair if necessary.

The fifth stage was the completion of the last continuous visual field survey after a period of seven (7) months of the completion of the works.

Finally, in all aspects and information collected, there was a final step, it was possible to establish business methods, repairs, in order to relate the performance of micro coating on the TO-050 highway.

Keywords: Micro coating; asphalt; polymer; survey; pathologies; manifestations; bitumen; aggregates; performance; structural; recapping.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Via Áppia	19
Figura 2 – Resposta mecânica de pavimento flexível concentradas	22
Figura 3 – Resposta mecânica de pavimento rígido: pressões distribuídas.....	22
Figura 4 – Seção transversal de um pavimento Flexível.....	22
Figura 5 – Seção transversal de um pavimento rígido.....	24
Figura 6 – trinca isolada transversal	26
Figura 7 – trinca isolada longitudinal	27
Figura 8 – trinca interligada tipo jacaré.....	27
Figura 9 – trinca interligada tipo bloco	28
Figura 10 – afundamentos plásticos nas trilhas	29
Figura 11 – Afundamento por consolidação em trilha de roda	29
Figura 12 – ondulação	30
Figura 13 – escorregamento do revestimento.....	30
Figura 14 – exsudação	31
Figura 15 – desgaste	32
Figura 16 – panela atingindo a base	32
Figura 17 – reparo profundo.....	33
Figura 18 – representação esquemática de curvas de desempenho de um pavimento e etapas de restauração.	35
Figura 19 – Rodovia TO-050 KM 48 ao KM 60.....	45
Figura 20 – Trincas tipo “couro de jacaré”	65
Figura 21 – Conjunto de manifestações patológicas	66
Figura 22 – Desplacamento	66
Figura 23 – Trinca com bombeamento de finos	67

Figura 24 – Estágio final da trinca tipo “couro de jacaré”	67
Figura 25 – Remendo comprometido	68
Figura 26 – Trinca longitudinal	68
Figura 27 – Delimitação da área cortada	69
Figura 28 – Remoção do revestimento danificado	70
Figura 29 – Solo melhorado com cimento.....	71
Figura 30 – Compactação da base	71
Figura 31 – Pintura de ligação e preenchimento com PMF	71
Figura 32 – Compactação do PMF	71
Figura 33 – Limpeza do pavimento	72
Figura 34 – Removendo as tachas refletivas	72
Figura 35 – Reparos ineficientes	73
Figura 36 – Perfil Transversal	77
Figura 37 – Lançamento do MRAF.....	78
Figura 38 – Observação da consistência do MRAF	78
Figura 39 – Conformação de falhas.....	78
Figura 40 – Alinhamento na execução do MRAF	79
Figura 41 – Aplicação do MRAF no acostamento	79
Figura 42 – Desconformidade na execução do MRAF	80
Figura 43 – Falha no fechamento da primeira camada do Micro	80
Figura 44 – Falta de reparos nos acostamentos	81
Figura 45 – homogeneização da pilha	82
Figura 46 – Resultado da Adesividade	85
Figura 47 – Equipamento Ductilômetro	90
Figura 48 – Trincas “tipo couro de jacaré” sobre o novo revestimento	95

Figura 49 – Reparos realizado no novo revestimento	95
Figura 50 – Afundamento por consolidação em trilha de roda	96
Figura 51 – Exsudação do betume.....	96
Figura 52 – Falta de ligação com o pavimento antigo.....	97

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Métodos e condições de dosagem	40
Quadro 2 – Faixas granulométricas MRAF.....	41
Quadro 3 – Conceitos do ICPF.....	47
Quadro 4 – Pesos das patologias em função da frequência de ocorrência	48
Quadro 5 – índice do estado da superfície do pavimento (IES)	48
Quadro 6 – Grupos de atividades	60
Quadro 7 – Nível de severidade da TO-050 (km 48 à km 60).....	61
Quadro 8 – Quadro de resumos 1ª levantamento	64
Quadro 9 – Materiais Empregados	74
Quadro 10 – Composição das Misturas dos Agregados	74
Quadro 11 – Resultados dos Ensaios WTAT - LWT	75
Quadro 12 – Ensaio de equivalente de areia.....	84
Quadro 13 – Ensaio do resíduo por evaporação n° 1	86
Quadro 14 – Ensaio do resíduo por evaporação n° 2	86
Quadro 15 – Ensaio do resíduo por evaporação n° 3	87
Quadro 16 – Determinação da viscosidade Saybolt-Furol n° 1	87
Quadro 17 – Determinação da viscosidade Saybolt-Furol n° 2	88
Quadro 18 – Determinação da viscosidade Saybolt-Furol n° 3	88
Quadro 19 – Determinação da peneiração n° 1	89
Quadro 20 – Determinação da peneiração n° 2	89
Quadro 21 – Determinação da peneiração n° 3	90
Quadro 22 – Resultados da recuperação elástica n° 1	91
Quadro 23 - Resultados da recuperação elástica n° 2	91

Quadro 24 - Resultados da recuperação elástica nº 3	92
Quadro 25 - Nível de serveridade da TO-050 (km 48 à km 60).....	92
Quadro 26 - Quadro de resumos 2ª levantamento	94

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Porcentagem das manifestações patológicas	62
Gráfico 2 – Não Conformidade na Peneira 3/8	75
Gráfico 3 – Determinação do Teor de Ligante asfáltico de Projeto	76
Gráfico 4 – Ensaio de Granulometria e Extração	83
Gráfico 5 - Porcentagem das manifestações patológicas.....	93
Gráfico 6 – Comparativo das manifestações patológicas.....	98
Gráfico 7 – Variação de valores do IGGE.....	98
Gráfico 8 – Índice do estado da superfície do pavimento (IES).....	99

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1: Determinação do IGGE	47
Equação 2 – Cálculo para extração de betume	50
Equação 3 – Cálculos equivalente de areia	53
Equação 4 – Fórmula para determinar porcentagem do resíduo seco	55
Equação 5 – Cálculo para determinação da peneiração	57
Equação 6 – Fórmula recuperação elástica.....	58

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. Objetivos	16
1.1.1. Objetivo geral	16
1.1.2. Objetivos específicos	16
1.2. Justificativa.....	17
2. REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1. História do pavimento.....	18
2.1.1. Evolução do pavimento	18
2.1.2. Evolução da pavimentação no Brasil.....	19
2.2. Definição de pavimentos	20
2.3. Classificação dos pavimentos	21
2.3.1. Pavimentos flexíveis.....	22
2.3.2. Pavimentos rígidos	24
2.4. Patologias em pavimentos flexíveis	25
2.4.1. Fenda	25
2.4.1.1. Fissuras	25
2.4.1.2. Trinca.....	26
2.4.1.2.1. Trinca isolada	26
2.4.1.2.2. Trinca interligada.....	27
2.4.2. Afundamento	28
2.4.2.1. Afundamentos plásticos	28
2.4.2.2. Afundamento de consolidação.....	29
2.4.3. Ondulação ou corrugação	29
2.4.4. Escorregamento	30
2.4.5. Exsudação.....	31
2.4.6. Desgaste.....	31
2.4.7. Panela ou buraco.....	32
2.4.8. Remendo.....	33
2.4.8.1. Remendo profundo	33
2.4.8.2. Remendo superficial	34

2.5. Conservação de rodovias.....	34
2.5.1. Conservação corretiva rotineira.....	35
2.5.1.1. Remendos.....	35
2.5.1.2. Selagem de trincas	36
2.5.2. Conservação preventiva periódica.....	37
2.6. Micro revestimento asfáltico	38
2.6.1. Definições e características	38
2.6.2. Emulsão asfáltica.....	39
2.6.3. Ensaio e dosagem	40
2.6.3.1. Determinação da perda por abrasão úmida (WTAT – ISSA TB-100).....	41
2.6.3.2. Determinação do excesso de asfalto e adesão de areia pela máquina (LWT – ISSA TB-109).....	42
2.6.3.3. Determinação da coesão e características da cura pelo coesímetro (MCT)...	42
2.6.4. Controle tecnológico	42
3. METODOLOGIA.....	43
3.1. Classificação de pesquisa.....	43
3.2. Pesquisa bibliográfica	43
3.3. Programa federal CREMA.....	43
3.4. Determinação do objeto de estudo.....	44
3.4.1. Município de Porto Nacional e a rodovia TO-050	44
3.5. Materiais e métodos	45
3.6. Levantamento de dados	46
3.7. Verificação “in loco” da execução do micro revestimento asfáltico a frio	49
3.7.1. Procedimento do ensaio de extração de betume.....	49
3.8. Realização dos ensaios laboratoriais (controle tecnológico)	50
3.8.1. Ensaio dos agregados	50
3.8.1.1. Análise granulométrica (DNER-ME 083, 1998)	51
3.8.1.2. Equivalente de areia (DNER-ME 054, 1997).....	51
3.8.1.3. Determinação da adesividade de misturas (ABNT NBR 12583, 1992)	53
3.8.2. Ensaio das emulsões asfálticas catiônicas elastomérica RC1C-E.....	54
3.8.2.1. Determinação do resíduo seco por evaporação (ABNT NBR 14896, 2012) .	54
3.8.2.2. Determinação da viscosidade Saybolt-Furol (ABNT NBR 14491, 2007).....	55
3.8.2.3. Determinação da peneiração (ABNT NBR 14393, 2012)	56

3.8.2.4.	Recuperação elástica (ABNT NBR 15086, 2006)	57
4.	RESULTADOS	59
4.1.	Definição e etapas	59
4.2.	Análise do trecho TO-050	61
4.2.1.	Estado de conservação inicial, (1ª Visita)	61
4.2.2.	Levantamento fotográfico e análise de manifestações, (1ª Visita)	64
4.3.	Procedimentos Construtivos	69
4.3.1.	Reparos iniciais	69
4.3.2.	Preparação da superfície	72
4.3.3.	Dosagem do Micro Revestimento a Frio Modificado por Polímero	73
4.3.4.	Aplicação do Micro revestimento.....	76
4.3.4.1.	Cuidados com os agregados.....	81
4.4.	Controle tecnológico do Micro revestimento.....	82
4.4.1.	Granulometria e extração.....	82
4.4.2.	Equivalente de areia.....	84
4.4.3.	Determinação da adesividade	84
4.4.4.	Determinação do resíduo por evaporação	85
4.4.5.	Determinação da viscosidade Saybolt-Furol	87
4.4.6.	Determinação da peneiração.....	88
4.4.7.	Recuperação elástica.....	90
4.5.	Estado de conservação pós recapeada (2ª visita).....	92
4.5.1.	Problemas identificados no 2ª levantamento	94
4.6.	Síntese dos dados.....	97
5.	CONCLUSÃO E SUGESTÃO DE TRABALHO FUTUROS.....	100
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CNT	Confederação Nacional de Transportes
CREMA	Conservação, Restauração e Manutenção
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte
DERTINS	Departamento de Estradas de Rodagens do Estado do Tocantins
FRN	Fundo Rodoviário Nacional
MRAF	Micro Revestimento Asfáltico a Frio
PMF	Pré-misturado a Frio
SBS	Estireno Butadieno Estireno
ICPF	Índice de Condição dos Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos
IGGE	Índice de Gravidade Global Expedito
IES	Índice do Estado da Superfície do Pavimento
TSD	Tratamento Superficial Duplo
TSS	Tratamento Superficial Simples
VMD	Volume Médio Diário

1. INTRODUÇÃO

O modal rodoviário no Brasil se tornou o principal meio de escoamento da produção nacional e do deslocamento de pessoas, impulsionado pela criação do Fundo Rodoviário Nacional (FRN) criado na década de 1946 e pelo governo de Juscelino Kubitschek (1956-1961). Apesar de se destacar como o principal modal do país, os investimentos realizados para se garantir as condições de trafegabilidade com segurança e conforto ainda são ineficientes ou tardios. (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008)

Segundo uma pesquisa realizada pela Confederação Nacional do Transporte CNT (2014), foi apresentado que nos últimos dez anos houve um crescimento na malha rodoviária federal de 13,8%, passando de 57,9 mil km no ano de 2004 para pouco mais de 65,9 mil km no ano de 2014 que foi ínfimo comparado a frota de veículos que foi de 122,0%.

Durante meados dos anos 1970, paralelamente ao uso corrente e já consagrado das técnicas de aplicação a frio com a utilização de emulsões, um novo sistema derivado da lama asfáltica, porém com emprego muito mais amplo, surgiu na Europa e, no início dos anos 1980 nos Estados Unidos, recebendo a terminologia de micro revestimento Asfáltico a Frio (MRAF). Desde então a técnica se difundiu por diversos países, na conservação preventiva/corretiva de pavimentos em rodovias de volumes de tráfego médio e alto, bem como em rodovias de tráfego pesado. (CERRATTI e REIS, 2011)

Ainda de acordo com Cerratti et al (2011), no Brasil teve a sua primeira experiência com MRAF no ano de 1997, quando foi utilizado na via Dutra (BR-116-SP) e devidamente monitorada pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). A sua utilização experimental chamou a atenção dos órgãos e das concessionárias de rodovias, pela sua larga escala de utilização de MRAF, por apresentar bons resultados na conservação da rodovia e pelo incremento da vida do pavimento.

Tendo em vista a importância para o Estado do Tocantins em realizar investimentos na sua infraestrutura e tornar seus bens produzidos mais competitivos na fase de produção, o estado está executando o Programa de Conservação, Restauração e Manutenção do Estado do Tocantins (CREMA-TO), utilizando em

grande escala o MRAF. Este trabalho trata da avaliação do desempenho, acompanhamento da execução e controle tecnológico do MRAF da TO-050 do trecho Palmas – Porto Nacional do km 48 ao km 60.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo geral

Este trabalho visa estudar o desempenho funcional do micro revestimento asfáltico a frio (MRAF), a fim de verificar o controle de qualidade na execução da obra de reabilitação da rodovia TO-050 do trecho Palmas – Porto Nacional do Km 48 ao Km 60, correspondente ao Programa de Conservação, Restauração e Manutenção de rodovias CREMA-TO.

1.1.2. Objetivos específicos

- ✓ Identificar quais os reparos localizados adotados pela empresa de engenharia no trecho da TO-050, procedimento que antecede as obras de restauração.
- ✓ Estudar os procedimentos executivos “*In loco*” adotados pela empresa de engenharia responsável na execução do micro revestimento, comparando-os com a norma brasileira vigente.
- ✓ Acompanhar e verificar os resultados do controle tecnológico da mistura do micro revestimento.
- ✓ Estudar o desempenho do micro revestimento comparando as condições do pavimento antes da intervenção e durante a sua utilização.

1.2. Justificativa

Ao se realizar um projeto de pavimentação espera-se uma vida útil considerável antes que os órgãos competentes entre com intervenções para garantir o conforto e a segurança dos usuários, mas nem sempre é isso que presenciamos.

O presente trecho, Palmas a Porto Nacional, foi escolhido para estudo nessa pesquisa por ser o ponto escolhido para implantação de uma indústria dedicada a produção e comercialização de grãos, farelos, óleo vegetais glicerina e biodiesel. O trecho da rodovia em determinados pontos já se observa nível de deflexões aceleradas, apresentando fissuras, trincas e acúmulos de deformações permanentes sob cargas repetidas, sabendo que a operação da indústria ainda não se iniciou na sua totalidade deixando a prova as condições de segurança dos usuários e a estabilidade da estrutura do pavimento. Segundo informações do controle operacional do empreendimento a implantação da indústria vai impactar em 2.100 (dois mil e cem) veículos de carga por semana distribuídos entre caminhões tanque, caçambas e carretas de 4 a nove eixos.

O Governo do Estado do Tocantins lançou um Programa de Desenvolvimento Regional Integrado Sustentável (PDRIS), aonde se tem um subcomponente para as obras de conservação, restauração e manutenção de rodovias (CREMA-TO). A regional de Porto Nacional foi uma das beneficiadas pelo programa que vai contar com a utilização do MRAF para a reabilitação do pavimento e a preservação das características estrutural do pavimento.

Por fim a proposta deste trabalho em realizar o estudo tecnológico e o desempenho do MRAF das obras de reabilitação do trecho citado, se deu pelo motivo que a rodovia se tornou principal rota de escoamento da produção agrícola da região, aonde teve um aumento significativo de veículos de cargas consequentemente aumento da solicitação do pavimento.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. História do pavimento

2.1.1. *Evolução do pavimento*

O homem, afim de obter melhor acesso às áreas cultiváveis e às fontes de madeira, rochas, minerais e água, além do desejo de expandir sua área ou território de influência, criou o que chamamos de estradas, cujas lembrança mais remota provém da China – país que as inventou. Bem mais tarde, os romanos aperfeiçoaram as estradas, instalando pavimentos e drenagem, com o intuito de torna-las duradouras. Segundo autores alemães, durante a fase áurea de Roma, mais de 80 mil km de estradas foram construídas, permitindo aos dominadores o transporte de legiões de militares e o acesso a bens disponíveis nos longínquos territórios dominados. Os romanos também procuraram estabelecer rotas por terra mais racionais, para galgar montanhas e atingir os principais portos no Mediterrâneo, combinando meios de transporte da maneira mais eficiente que seus estrategistas poderiam conceder. (BALBO, 2007)

Nessas ocasiões, com o aumento cada vez maior de frequência das viagens um outro problema precisa ter seus efeitos atenuados, as estradas precisavam ser transitáveis a qualquer época do ano. A forma natural de resolver esse crucial problema, foi revestir o leito carroçável, dando-lhe estabilidade, até mesmo na época das chuvas. (SENÇO, 1997)

Ainda segundo Senço W. d. (1997), se adotou soluções práticas e empíricas. Se os terrenos arenosos eram de boa trafegabilidade em condições de precipitações, porém excessiva poeira na seca, e se os terrenos argilosos propiciavam boas condições nas secas e lama na chuva, podia se conseguir uma estabilização, misturando-se areias e argilas. Suas proporções de mistura deveriam ser feitas de tal forma que em terrenos arenosos as argilas evitassem poeira nas secas, em terrenos argilosos as areias evitassem o aparecimento da lama nas chuvas.

O pavimento romano era projetado e construído em camadas com materiais que equivalem, estruturalmente, aos materiais dos pavimentos atuais. (SENÇO, 1997)

O mais célebre trecho dos pavimentos romanos é o da Via Áppia conforme Figura 1, ligação de Roma com Cápua construído pelo censor Appio Claudius, em 312

a.C., executada durante a Guerra Samnita. O objetivo era permitir ao exército romano chegar rapidamente às áreas de Campania e Samnium, retornando no inverno. (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008)

Conforme Balbo (2007) *apud* Rostovtzeff (1983), tamanha foi a importância desses caminhos pavimentados para a sociedade romana que, na época áurea de Otávio Augusto (30 a.C. a 14 d.C.), por solicitação do senado e da população do Império, o senhor de Roma era responsável direto pela manutenção das grandes vias de circulação, serviço de extrema necessidade para a estabilidade política, econômica, militar e sobretudo para a agricultura como atividade econômica.

Figura 1 – Via Áppia



Fonte: http://i1.trekearth.com/photos/25195/via_appia_antica1.jpg, acessado em 15 de setembro de 15

2.1.2. *Evolução da pavimentação no Brasil*

Na década de 20, o atual governador do estado de São Paulo na época, Washington Luís, tinha uma ampla visão do significado de governo “governar é abrir estradas”, no que diz respeito ao alcance das pessoas em qualquer parte do estado sem dificuldades, ou seja colocando-se em pauta a necessidade de abrir estradas. A primeira rodovia pavimentada foi inaugurada em São Paulo, em 1928, quando Washington Luís já era presidente. Esse trecho ligava Rio de Janeiro a Petrópolis,

atualmente faz parte da BR-040, que liga o Rio de Janeiro a Belo Horizonte. avia brasileira datada (*CÂMARA LEGISLATIVA, 2015*)

Nos anos de 1950, o Brasil apresentava-se em um alto avanço no setor de industrialização, o que trouxe consigo o crescimento de diversos setores, como o automotivo por exemplo, ou do automóvel propriamente dito, colocando assim, em evidência uma forte prioridade para o investimento na construção de novas estradas, rodovias, ou mesmo que proporcionassem um melhor meio de transporte com a utilização de veículos através da malha rodoviária. (*CÂMARA LEGISLATIVA, 2015*)

Durante o Governo de Juscelino Kubitschek, a estratégia de governo era de interligar e integrar todo o Brasil, com meios econômicos viáveis, que favorecesse também o alto investimento no setor automobilístico, no intuito de possibilitar o escoamento da economia e povoamento facilitado de novas áreas. (*CÂMARA LEGISLATIVA, 2015*)

Todos estes fatores foram importantes para que as rodovias ou o pavimento em si, no Brasil, tomassem o seu lugar como principal meio de transporte, onde as malhas rodoviárias são responsáveis por cerca de 95% do transporte de pessoas no país. (*CNT, 2013*)

2.2. Definição de pavimentos

Conforme definido por Balbo (2007), o pavimento é uma estrutura não perene, constituída por camadas compactadas de diferentes materiais sobre um subleito do corpo estradal, sua capacidade estrutural visa atender as condições operacionais de tráfego, de maneira a durável e ao mínimo custo possível. A escolha de materiais bem definidos com uma boa resistência a ação do tráfego e clima, seguido com suas manutenções executadas corretamente prolongam a vida útil do pavimento.

Ainda segundo o autor a concepção do pavimento e de receber é transmitir esforços de maneira a aliviar pressões sobre as camadas inferiores. Para que a estrutura funcione corretamente as camadas constituintes devem trabalhar as deformações conforme sua capacidade estrutural, sem que haja o processo de ruptura ou danificação de forma prematura.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) regulamenta através da norma NBR-7207/82 o conceito de que o pavimento é uma estrutura construída após a terraplenagem com funções de;

- Resistir e distribuir os esforços verticais produzidos pelo tráfego, ao subleito;
- Proporcionar conforto, segurança e comodidade no rolamento;
- Resistir os esforços horizontais, na superfície de rolamento.

Tratando-se de camadas diz, Senço (1997) que uma seção típica do pavimento flexível é constituída de regularização do subleito, reforço do subleito, sub-base, base e revestimento ou capa de rolamento.

Balbo (2007) faz o seguinte complemento, em alguns casos o pavimento poderá não possuir camada de sub-base ou de reforço, mas para que uma estrutura seja chamada de pavimento é necessário que ele tenha uma estrutura de fundação (subleito) é um revestimento primário, nem que seja cascalhamento.

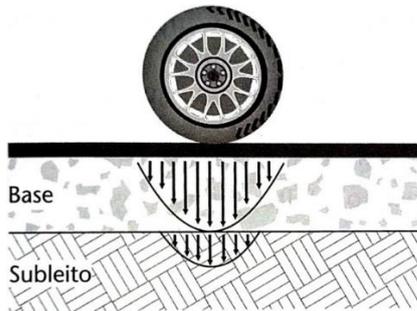
2.3. Classificação dos pavimentos

Segundo Bernucci et al. (2008), os pavimentos de forma geral podem ser classificados como rígidos e flexíveis. Mas recentemente é usual nomear o pavimento de concreto-cimento e pavimentos asfálticos, para indicar o tipo de revestimento do pavimento.

Já para Balbo (2007), apresenta uma série de imposições sobre as tentativas de classificação, pelo fato de muitas vezes apresentarem limitações que acabam se tornando ineficientes, assim sendo preferível não impor definições muito rígidas, mas apontar limitações na utilização de um dado termo.

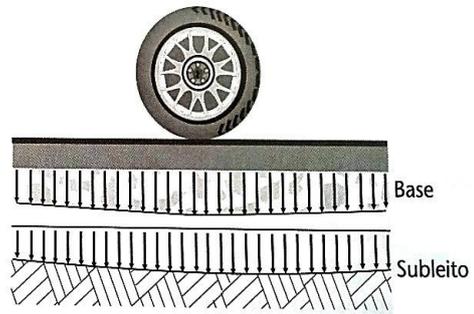
Ainda conforme Balbo (2007) *apud* Yoder e Witczak (1975), apresenta uma forma mais clara quando se discute um método para diferenciação entre pavimentos rígidos e flexíveis, que é a forma como cada qual revestimento distribui os esforços sobre si ao elemento de fundação. Quando uma dada carga atuante atua sobre o revestimento flexível o campo de tensões nessa estrutura fica muito concentrado, diferentemente no pavimento rígido aonde essas tensões são distribuído ao longo de sua placa, de forma geral o pavimento com resposta mecânica rígida é mais viável por exigir menos, pois as transferências de tensão são menores para sua fundação. Conforme podemos verificar nas figuras 2 e 3.

Figura 2 – Resposta mecânica de pavimento flexível concentradas



Fonte: (BALBO, 2007)

Figura 3 – Resposta mecânica de pavimento rígido: pressões distribuídas



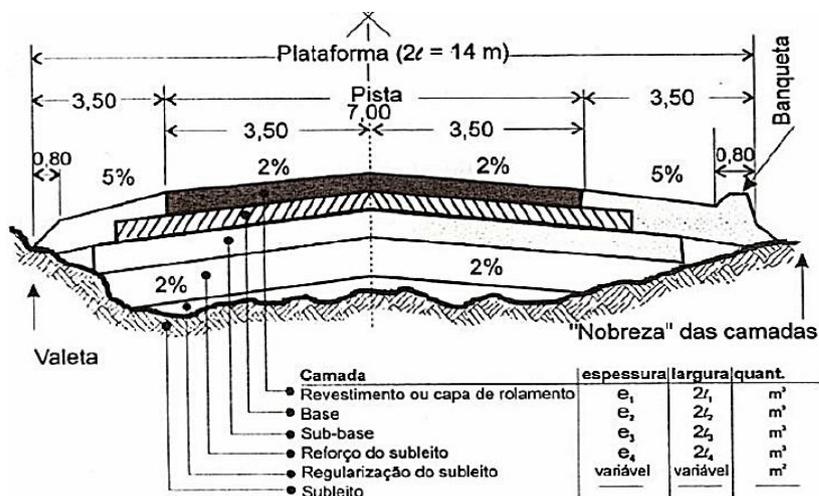
Fonte: (BALBO, 2007)

2.3.1. Pavimentos flexíveis

Segundo Dynapac (2006), o pavimento flexível é constituído por um número finito de camadas sobrepostas que não trabalham a tração, porém a camada de revestimento que geralmente é constituída de material asfáltico, que é a superficial, tem a capacidade de resistir a este tipo de esforços. A medida que sobem as camadas, aumenta-se a capacidade de suporte de cargas, de fato assim são conhecidas como “pavimento asfáltico”.

Tratando-se das camadas constituintes de um pavimento flexível, uma seção típica deste tipo de pavimento é constituída geralmente de subleito, regularização de subleito, reforço do subleito, sub-base, base e revestimento. Conforme Figura 4 (Senço, 1997).

Figura 4 – Seção transversal de um pavimento Flexível



Fonte: Senço, 1997.

De acordo com Senço (1997), o revestimento é a camada responsável por receber todas as ações provenientes do tráfego e dissipá-las para as demais camadas inferiores. É destinada também a oferecer condições de conforto e segurança para o usuário, geralmente utiliza-se material asfáltico para a sua composição. A base é a camada situada logo abaixo do revestimento, tem a função principal de reduzir as tensões de compressão no subleito, garantindo que a magnitude das tensões sobre o revestimento não leve o trincamento prematuro. A sub-base é considerada como um suplemento para a camada de base, visando aspectos técnicos e econômicos, atuando como capa de isolamento para as demais camadas. A camada de reforço, de uma forma geral, não é considerada como um requisito obrigatório para a execução de um pavimento, geralmente é utilizado quando não se encontra material sobre no subleito. A Regularização do subleito é executada sobre o subleito a fim de regularizá-lo transversalmente e longitudinalmente, pode não existir de acordo com as características do subleito. O subleito é uma camada formada pelo solo natural compactado. (Balbo, 2007).

Senço (1997) diz que, a camada mais nobre de um pavimento flexível é a camada de revestimento betuminosa ou asfáltica, porque tem a ligação direta com a impermeabilidade do pavimento.

Dessa forma, é possível destacar os principais tipos de revestimentos constituintes de um pavimento flexível:

- **Tratamentos Superficiais:** Consiste em um processo na qual aplica-se ligantes asfálticos sem mistura prévia, como posterior compactação, recobrando dessa forma parcialmente os agregados. De acordo com a quantidade na aplicação do processo, ele define-se como: simples (TSS), duplo (TSD) ou triplo (TST), o que refere a quantidade de camada ligante e de agregados. (BERNUCCI, 2008)
- **Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ):** Trata-se de um produto formado pela mistura proporcional de agregados naturais ou artificiais de diferentes porções granulométricas, filer e cimento asfáltico de petróleo (CAP), podendo ser estes ser misturados a quente quando os dois materiais são aquecidos e aplicados na pista ainda quentes, ou a frio quando são aplicados em temperatura ambiente no local. Possui uma alta flexibilidade e excepcional resistência a esforços de flexão. (Bernucci, 2008)

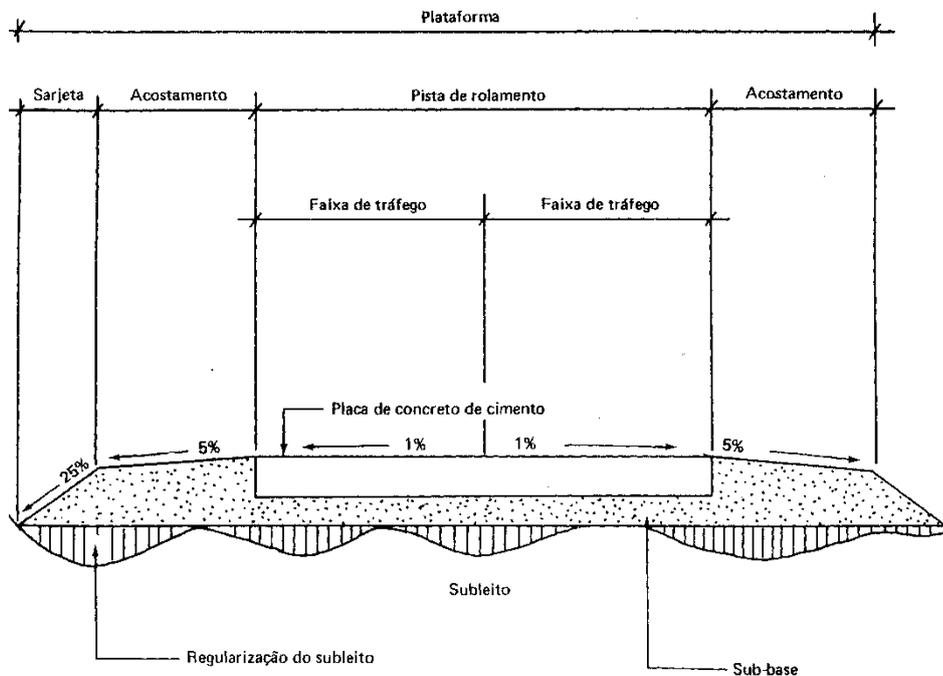
2.3.2. Pavimentos rígidos

O DNIT (2006) classifica o pavimento rígido como:

“Pavimento rígido é aquele em que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado. Exemplo típico: pavimento constituído por lajes de concreto de cimento Portland”

Os pavimentos rígidos são constituídos basicamente por três camadas: revestimento, base e subleito. Há presença de uma placa de concreto que absorve todas as tensões basicamente de maneira uniforme, distribuindo dessa forma em uma grande área. (Balbo, 2007) Conforme Figura 5:

Figura 5 – Seção transversal de um pavimento rígido



Fonte: Balbo, 2007

Ainda de acordo com Balbo, 2007, as placas de concreto de cimento Portland possuem como principais características: alta rigidez, alta resistência e pequenas espessuras.

O concreto da placa é constituído por uma mistura relativamente rica de cimento Portland, areia, agregado graúdo e água, distribuído numa camada devidamente adensada, essa camada funciona ao mesmo tempo como revestimento e base do pavimento (DNIT, 2006).

2.4. Patologias em pavimentos flexíveis

Segundo Bernucci, *et al.* (2008), o levantamento dos defeitos de superfície tem por finalidade avaliar o estado de conservação dos pavimentos asfálticos e embasa o diagnóstico da situação funcional para subsidiar a definição de uma solução tecnicamente adequada e, em caso de necessidade, indicar a melhor ou melhores alternativas de restauração do pavimento.

De acordo com DNIT 005/2003 – TER, define e padroniza os termos técnicos para defeitos em pavimentos flexíveis e semi-rígidos, a norma citada serve para padronizar a linguagem adotada na elaboração das normas, manuais, projetos e textos relativos.

Conforme a norma DNIT 005/2003 cita as patologias nos pavimentos, que são elas;

2.4.1. Fenda

As fendas são frestas ou aberturas na superfície asfáltica e podem ser definidas como fissuras, quando a abertura é perceptível a olho nu apenas à distância inferior a 1,50 m, ou como trincas, quando a abertura é superior à da fissura. (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008)

Já para a norma DNIT 005/2003 – TER, faz a seguinte definição:

“Qualquer descontinuidade na superfície do pavimento, que conduza a aberturas de menor ou maior porte, apresentando-se sob diversas formas, conforme adiante descrito.” (DNIT 005 - TER, 2003, p. 2)

2.4.1.1. Fissuras

São fendas de largura capilar existente no revestimento, posicionada longitudinalmente, transversalmente ou obliquamente ao eixo da via, somente é perceptível a vista desarmada, ou seja, sem a utilização de instrumentos para sua aferição, a uma distância inferior a 1,50 m. (DNIT 005 - TER, 2003)

2.4.1.2. Trinca

Refere-se a uma fenda (abertura) existente no revestimento, e é facilmente visível a olho nu, com abertura superior à da fissura, podendo ser evidenciada sob a forma de trinca isolada ou trinca interligada. (DNIT 005 - TER, 2003)

2.4.1.2.1. Trinca isolada

a) Trinca Transversal

Trinca isolada que se expõe em direção predominantemente ortogonal ao eixo da via. Quando possui extensão de até 100 cm é denominada trinca transversal curta. Quando a sua extensão for superior a 100 cm intitula-se trinca transversal longa. (DNIT 005 - TER, 2003)

Figura 6 – trinca isolada transversal



Fonte: (DNIT 005 - TER, 2003)

b) Trinca longitudinal

Trinca isolada que possui direção paralela ao eixo da via. Quando apresenta extensão de até 100 cm é denominada trinca longitudinal curta. Quando a extensão for superior a 100 cm denomina-se trinca longitudinal longa. (DNIT 005 - TER, 2003)

Figura 7 – trinca isolada longitudinal



Fonte: (DNIT 005 - TER, 2003)

c) Trinca de retração

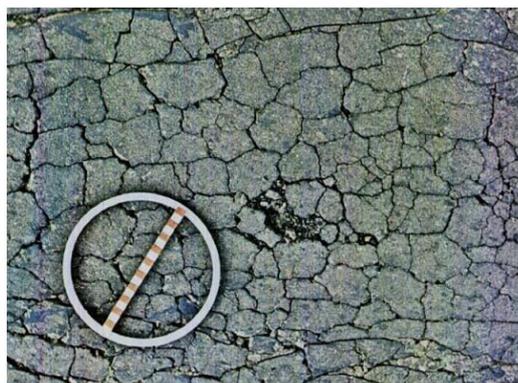
Trinca isolada não facultado aos fenômenos de fadiga e sim aos fenômenos de retração térmica ou do próprio material do revestimento ou do material da base rígida ou semi-rígida inferiores ao revestimento trincado. (DNIT 005 - TER, 2003)

2.4.1.2.2. *Trinca interligada*

a) Trinca tipo “Couro de Jacaré”

Conjunto de trincas interligadas sem direções preferenciais ou mapeadas, assemelhando-se ao aspecto de couro de jacaré. Essas trincas podem apresentar, ou não, erosão acentuada nas bordas. (DNIT 005 - TER, 2003)

Figura 8 – trinca interligada tipo jacaré



Fonte: (DNIT 005 - TER, 2003)

b) Trinca tipo “Bloco”

Conjunto de trincas interligadas caracterizadas pelo formato de blocos com lados bem definidos, podendo, ou não, apresentar erosão acentuada nas bordas. (DNIT 005 - TER, 2003)

Figura 9 – trinca interligada tipo bloco



Fonte: (DNIT 005 - TER, 2003)

2.4.2. Afundamento

Segundo Silva (2005), faz a seguinte definição, os afundamentos são deformações plásticas, caracterizados por depressão longitudinal da superfície do pavimento e podem ser plásticos ou de consolidação.

2.4.2.1. Afundamentos plásticos

Os afundamentos plásticos são devidos à deformação plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito e apresentam elevações ao longo dos lados do afundamento. Quando o afundamento possuir até 6 m é denominada de afundamento plástico local, quando for superior a 6 m é denominada de afundamento plástico de trilha. (SILVA, 2005)

Figura 10 – afundamentos plásticos nas trilhas



Fonte: (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008)

2.4.2.2. *Afundamento de consolidação*

De acordo com a norma DNIT 005/2003 – TER, o afundamento de consolidação é causado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito sem estar acompanhado de sollevamento.

Figura 11 – Afundamento por consolidação em trilha de roda



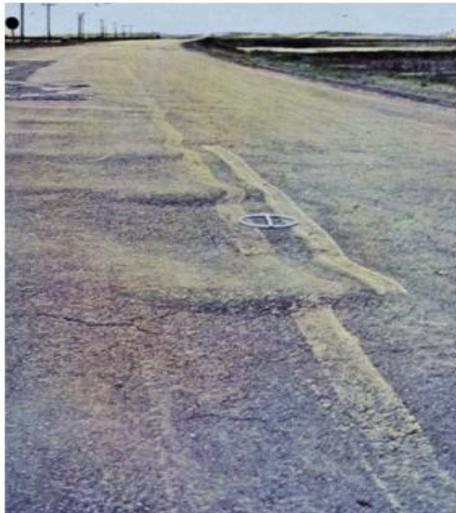
Fonte: (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008)

2.4.3. *Ondulação ou corrugação*

Conforme Bernucci *et al.* (2008), as corrugações são deformações transversais ao eixo da pista, em geral compensatórias, com depressões intercaladas de elevações, com comprimentos de onda entre duas cristas de alguns centímetros dou dezenas de centímetros.

Já para Silva (2005), as corrugações são ondulações transversais ao eixo da via, devido a má execução, excesso de asfalto ou finos. As corrugações estão associadas às tensões cisalhantes horizontais geradas pelos veículos em áreas submetidas à aceleração ou frenagem.

Figura 12 – ondulação



Fonte: (DNIT 005 - TER, 2003)

2.4.4. Escorregamento

É definido pelo DNIT 005 - TER (2003), que o escorregamento acontece devido ao deslocamento do revestimento em relação à camada subjacentes do pavimento, com aparecimento de fendas em forma de meia-lua.

Já Bernucci *et al.* (2008), faz uma definição direta para o defeito de escorregamento, ele define que o problema é decorrente de fluência do revestimento asfáltico.

Figura 13 – escorregamento do revestimento



Fonte: (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008)

2.4.5. Exsudação

Excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento, causado pela migração do ligante através do revestimento. (DNIT 005 - TER, 2003)

Segundo Silva (2005), a exsudação é decorrente à falta de vazios e o excesso de betume, problema na massa asfáltica. O mesmo exsudará para superfície que brilha devido ao excesso de ligante betuminoso. As temperaturas elevadas potencializa o efeito da exsudação aonde o asfalto diminui a sua viscosidade e o agregado penetra dentro dele.

Figura 14 – exsudação



Fonte: (DNIT 005 - TER, 2003)

2.4.6. Desgaste

Efeito do arrancamento progressivo do agregado do pavimento, caracterizado por aspereza superficial do revestimento e provocado por esforços tangenciais causado pelo tráfego. (DNIT 005 - TER, 2003)

Já para Bernucci *et al.*(2008), define que o desgaste ou desagregação decorre do desprendimento dos agregados da superfície. Tal efeito podem ser causado por

falha de bico em tratamentos superficiais, proplemas de misturas, má execução ou deficiência no teor de ligante.

Figura 15 – desgaste



Fonte: (DNIT 005 - TER, 2003)

2.4.7. *Panela ou buraco*

Segundo Silva (2005), o principal causado dessa patologia é a água que penetra na revestimento através das trincas. A água é comprimida e tende a amolecer ou desagregar as camadas dos revestimento, esse processo de desagregação é conhecida como “Stripping”. Por isso, em meses de maior precipitação são mais comuns o aparecimento de buracos em rodovias.

Para o DNIT 005 - TER (2003), define que o aparecimento de cavidade por falta de aderência entre camada superpostas é uns dos principais motivos do deslocamento das camadas, podendo alcançar camadas inferiores ao pavimento.

Figura 16 – panela atingindo a base



Fonte: (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008)

2.4.8. Remendo

De acordo com Bernucci *et al.* (2008), o remendo é um tipo de defeito apesar dele estar relacionado a uma solução de conservação de superfície e caracteriza-se pelo preenchimento de painéis ou de qualquer depressão com massa asfáltica.

Segundo a norma DNIT 005 - TER (2003), denomina-se esse tipo de operação de “tapa-buraco”.

2.4.8.1. Remendo profundo

Para adotar essa solução e verificado a necessidade do tratamento da estrutural do pavimento, normalmente prejudicado pelo excesso de umidade nas camadas adjacentes reduzindo a sua resistência.

E definido pelo DNIT 005 - TER (2003), que o remendo profundo e à substituição do revestimento, e eventualmente, de uma ou mais camadas inferiores do pavimento.

Figura 17 – reparo profundo



Fonte: Autor, 2015

2.4.8.2. *Remendo superficial*

São correções locais, da superfície do revestimento, pela aplicação de uma camada betuminosa, podendo ser pré-misturado a frio (PMF). (DNIT 005 - TER, 2003)

2.5. Conservação de rodovias

De acordo com DNIT IPR - 710 (2005), conceitua que a conservação de um pavimento é um trabalho de rotina, periódicas e emergência realizadas afim de preservar as características da rodovia no início de sua operação, sob condições normais, da natureza e do trafego.

O DNIT estabelece que os serviços que conservação devem propiciar aos usuários condições de conforto e segurança. Estes serviços por ser bastante diversificada, podem ser enfocadas em razão a sua natureza e finalidade específica, assim o órgão dividiu essas etapas de conservação em 3 (três) grupos.

- Conservação corretiva rotineira
- Conservação preventiva periódica
- Conservação de emergência

Já para DNIT IPR - 720 (2005), à conservações não deve ser considerado um recurso temporário, mas sim um investimento na infra-estrutura rodoviária. Essas intervenções prolongaria à sua vida útil, desempenhando de maneira satisfatória o seu papel.

Ainda de acordo com o DNIT, aonde estabelece que a conservação das rodovias tem três finalidades principais;

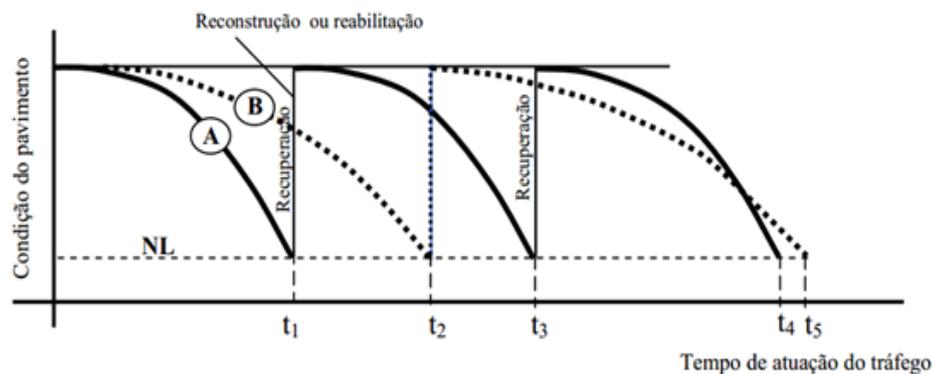
1. Prolongar a vida útil das rodovias;
2. Reduzir o custo de operação dos veículos; e
3. Contribuir para que as rodovias se mantenham permanentemente abertas ao tráfego e permitir uma maior regularidade, pontualidade e segurança aos serviços de transporte.

Segundo Bernucci *et al.* (2008), os pavimentos são estrutura que em geral não apresentam ruptura súbita, mas sim deterioração funcional e estrutural acumuladas a partir de sua abertura ao tráfego.

No entanto Castro (2009), apresenta em um gráfico a seguinte situação: uma rodovia quando não executado uma conservação preventeniva, mas somente a de

rotina ou corretiva, tem a redução de qualidade com menor tempo atingindo o nível limite, conforme a curva **A**. Mas adotando medidas de conservações preventivas o pavimento pode atingir o mesmo nível limite mas com um maior tempo, neste mesmo período a necessidade de uma restauração ou reconstrução é reduzida, conforme curva **B**.

Figura 18 – representação esquemática de curvas de desempenho de um pavimento e etapas de restauração.



Fonte: (CASTRO, 2009)

2.5.1. Conservação corretiva rotineira

Segundo Senço (2001), os estudos de conservação de pavimentos, apontam que os trabalhos corretivos são os mais importantes, ou seja aquele que visa à correção das falhas assim que forem identificadas. Tal medida não deve ser somente sobre o pavimento e sim englobando toda a estrutura da rodovia.

Já o DNIT IPR - 710 (2005), faz a seguinte definição. É um conjunto de operações com objetivo de evitar o surgimento de patologias é sanar antes que seus efeitos venham a prejudicar o conforto e segurança de seus usuários. Os principais serviços rotineiros são os remendos e selagem de trincas.

2.5.1.1. Remendos

De acordo com o DNIT IPR - 720 (2005), os remendos são correções realizadas na rodovia por meio de colocação ou preenchimento de mistura betuminosa à quente ou a frio, em buracos que surgem pelo efeito do tráfego associado com o intemperismo

ou pela abertura dos tralhadadores. Tal medida precisa ser realizada com uma compactação apropriada, selagem dos bosdos e limpeza.

O próprio autor define que à medida pode ser superficial ou profunda. O remendo superficial propriamente dito visa selar as trincas incipientes com o objetivo de impedir a penetração de umidade no pavimento. Quanto à necessidade do remendo profundo, o pavimento necessita de uma ação mais permanente. O material da área impactada deverá ser retirado e substituído afim de estabelecer uma fundação firme.

Ainda conforme o DNIT define que a execução de remendos é apropriada paras as seguintes situações.

- a) Reparo de panela e buracos;
- b) Recomposição de segmentos com trincamento por fadiga;
- c) Reperfilamento ou reparos localizados para a regularização prévia da superfície, quando da execução de recapeamentos asfálticos.

2.5.1.2. *Selagem de trincas*

A selagem de trincas consiste no enchimento de trincas e fissuras do revestimento com materiais como cimento asfálticos, asfaltos diluídos, emulsões ou selantes especiais, para impedir a penetração de água nas camadas inferiores. (DNIT IPR - 720, 2005)

Ainda de acordo com o autor, o principal motivo do surgimento de trincas acontece pelo excesso de cargas dos veículos, principalmente os de transportes de cargas como caminhões e ônibus. É caso não haja uma intervenção rápida e eficiente a estrutura do pavimento podem sofrer sérios problemas ou até mesmo à destruição das camadas inferiores, até comprometer a estruturalmente o subleito.

Conforme observações do DNIT, essa técnica embora com pouco dados de longo prazo, ainda se torna eficiente por bons resultado a curto prazo quando a qualidade da construção também e boa. Essa técnica de restauração e considerada eficiente e econômica.

2.5.2. Conservação preventiva periódica

Segundo DNIT IPR - 720 (2005), a conservação periódica é um conjunto de operações afim de evitar o surgimento ou agravamento de defeitos. As operações de conservação geralmente utilizam uma mistura betuminosa delgada ou um tratamento superficial simples, com a finalidade de proteger o pavimento e não acrescer sua capacidade estrutural.

Ainda de acordo com DNIT, aonde cita algumas atividades utilizados para a conservação preventiva de rodovias de baixo volume de tráfego, mas devido algumas pesquisas e melhoramentos dos materiais utilizados também estão sendo utilizados em grande escala em rodovias com tráfego mais elevado. Podemos citar algumas atividades como: capa selante, lama asfáltica, micro revestimento asfáltico à frio, camadas porosas de atrito e recapeamento esbeltos com misturas densas.

As principais finalidades de conservação periódica conforme o DNIT IPR - 720 (2005) são:

- a) Melhoria na superfície excessivamente na superfície – incorporação de agregados na superfície do pavimento promovendo melhores características de durabilidade e conseqüentemente de atrito.
- b) Selagem de trincas – as resselagens ou recapeamento esbeltos contém teor suficiente de asfalto para cobrir e selar pequenas trincas. Assim preservando a estrutura do pavimento com possíveis infiltrações.
- c) Impermeabilização do pavimento – os pavimentos quando são novos de acordo com o manual são permeáveis. Mas com os serviços de conservação periódica ao selarem o pavimentos, restringirão a infiltração de água e conseqüentemente reduzirão a taxa de deterioração do pavimento.
- d) Melhoria das características de drenagem e de atrito do revestimento – esse trabalho tende a combater os problemas de hidroplanagem e o números de acidentes em pista molhada. A seleção dos tipos e granulometria dos agregados também visa a recuperar a declividade da rodovia.
- e) Reparo / prevenção dos desgaste e oxidação do pavimento – seu tratamento é realizado por meio de incorporação de camada ou tratamento asfáltico, que ao recobrir o antigo previne a sua oxidação.

- f) Melhoria de aparência do revestimento – algumas rodovias pro não apresentarem boa aparência devido alguma atividade de restauração, que podem ser, selagem de trincas, remendos e outras atividades. As atividades periódicas adotam soluções simples para tratarem dessas deficiências propiciando ao pavimento uma aparência uniforme.
- g) Permite uma delimitação visual entre pista e acostamento – devido a perda de percepção entre pista e acostamento, perdida durante o tempo de orperação da rodovias, principalmente em dias chuvosos. As técnicas de conservação periódica podem propiciar esta delimitação, recuperando os defeitos relacionados a cargas de tráfego próximo à jnnta de acostamento e pista.

2.6. Micro revestimento asfáltico

2.6.1. Definições e características

Micro revestimento asfáltico a frio processada em uma usina móvel especial. Empregando um conjunto de agregados mineral, fíler, água, emulsão asfáltica modificada por polímero e aditivos se necessário, que tem como produto uma mistura uniforme, com função principal do selamento, impermeabilização, rejuvenescimento e conservação dos pavimentos.

Segundo Cerratti e Reis (2011), defini-se o MRAF como:

[...] uma mistura asfáltica a frio, composta por emulsão catiônica elastomérica e de ruptura controlada, agregados britados de alta qualidade, fíler mineral, água e, se necessário, aditivo químico para controle de ruptura da emulsão e fibras (aditivo de reforço mecânico), aplicada com consistência fluída uniforme espalhada sobre uma superfície previamente preparada. (CERRATTI e REIS, 2011, p. 19)

Ainda conforme o autor MRAF pode ser utilizado para preenchimento de painelas superficiais de pequenas dimensões, reparos em trilhos de roda conforme o grau de acometimento do revestimento e não da consolidação da base, utilizado em deformações plásticas desde que não sejam superiores a 40mm. Em pavimentos com trincas interligadas tipo “couro de jacaré” e em blocos, há necessidade de fazer o reparo local e originário, antes da aplicação do MRAF, selando as manifestações para evitar a reflexão das trincas na camada de recapeamento.

As principais vantagens quanto a utilização do micro revestimento asfáltico são:

- Durabilidade superior quando comparado a outros processos de utilização, como a lama asfáltica, tanto na ação de intempéries como no incremento de tráfego;
- Bom sistema de drenagem superficial, diminuição de efeitos de névoa “*spray*” melhorando a visibilidade, proporcionando aos usuários conforto e segurança, com a diminuição de possíveis problemas referente a aderência entre o pneu-pavimento;
- Preserva a estrutura do pavimento em função da diminuição da entrada de água (infiltração) e ar no pavimento;
- Alta produtividade e rapidez na execução e liberação dos serviços;
- A sua execução dispensa uso da pintura de ligação, devido a boa aderência entre a utilização do micro e o antigo revestimento;
- Com a utilização do MRAF, devido a sua pequena espessura, não há necessidade de alteração dos elementos de drenagem na rodovia;
- Evita problemas de ambientais, saúde e de segurança (SMS), já que o mesmo é aplicado em temperatura ambiente, sem a necessidade do uso de solventes derivados de petróleo;

2.6.2. Emulsão asfáltica

Em determinação com a norma do DNIT 035-ES (2005), que a emulsão asfáltica para MRAF seja catiônica, elastomérica e de ruptura controlada, tipo RC1C-E, sua composição contém polímeros do tipo borracha termoplástica (SBS) ou látex de borracha sintética (SBR), propiciando ao micro revestimento as seguintes características:

- Menor sensibilidade térmica, com a redução de ameaças do surgimento de exsudações em dias quentes e maior maleabilidade em climas frios.
- Maior coesão dos agregados, resistência a desgaste por abrasão e a oxidação com relação a lama asfáltica.
- Melhores características adesivas ao substrato e na selagem de fissuras.

2.6.3. Ensaio e dosagem

Segundo Cerratti (2011), os ensaios de dosagem são necessário para atestar a compatibilidade dos materiais e sua composição do MRAF, pois somente a escolha de bons materiais, não garantem uma mistura com características físicos-químicos adequadas.

Ainda de acordo com o autor, para que o micro revestimento atinga seu grau de eficiência, é necessário complementações relativos a observações em campo, afim de atestar as condições da rodovias, tais como:

- Inventário da superfície; identificar toda e qualquer patologias, assim podendo determinar a espessura e a faixas granulometrica do MRAF a ser projetado.
- Condições climáticas; determinar o melhor período para realização dos trabalhos de engenharia com a mínimo de risco de precipitações.
- Tráfego; determinar o Volume Médio Diário (VMD) que o MRAF será submetido.

O DNIT apresenta por meio da norma DNIT 035-ES (2005), uma tabela para a seleção da faixa granulométrica e o seu consumo teórico de materiais. Podendo ser observada no quadro 2.

Na sequência a normar DNIT 005 - TER (2003) determina os seguintes ensaios para ponderação da compatibilidade dos materiais da mistura conforme quadro 1.

Quadro 1 – Métodos e condições de dosagem

MÉTODOS E CONDIÇÕES DE DOSAGEM (ISSA – 143)	
Método	Resultado
ISSA - TB 100 Wet Track Abrasion Loss	máximo 1 hora ou 538 gr/m ²
ISSA - TB 109 Loaded Wheel Test - Sand Adhesion	máximo 538 gr/m ²
ISSA - TB 614 Wet Stripping Test	mínimo 90% coberto

Fonte: (DNIT 035-ES, 2005)

Quadro 2 – Faixas granulométricas MRAF

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DA MISTURA DE AGREGADOS (ISSA- 143)					
Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em peso			Tolerância da curva de projeto (%)
Peneiras		Faixa I	Faixa II	Faixa III	
Nome	Abertura, mm				
½"	12,5	-	-	100	-
3/8"	9,5	100	100	85 - 100	± 5
nº 4	4,75	90 - 100	70 - 90	60 - 87	± 5
nº 8	2,36	65 - 90	45 - 70	40 - 60	± 5
nº 16	1,18	45 - 70	28 - 50	28 - 45	± 5
nº 30	0,60	30 - 50	19 - 34	19 - 34	± 5
nº 50	0,33	18 - 30	12 - 25	14 - 25	± 5
nº 100	0,15	10 - 21	7 - 18	8 - 17	± 5
nº 200	0,075	5 - 15	5 - 15	4 - 8	± 3
Asfalto residual	% em peso do agregado	7,5 - 13,5	6,5 - 12,0	5,5 - 7,5	± 2
Filler	% em peso do agregado	0 - 3	0 - 3	0 - 3	± 0,3
Polímero	% em peso do asfalto residual	3 min.	3 min.	3 min.	-
Taxa de aplicação	Kg/m ²	5 - 11	8 - 16	15 - 30	-
Espessura (mm)	-	4 - 15	6 - 20	12 - 37	-
Utilização		Áreas Urbanas aeroportos	Rodovias de tráfego pesado Trilhas de Roda	Regularização de Rodovias e Rodovias de tráfego pesado	-

NOTA: As tolerâncias constantes do quadro são permitidas desde que os limites da faixa não sejam ultrapassados.

Fonte: (DNIT 035-ES, 2005)

2.6.3.1. Determinação da perda por abrasão úmida (WTAT – ISSA TB-100)

Conforme Cerratti (2011), o objetivo do ensaio é de aferir a resistência à abrasão do MRAF, simulando os efeitos do tráfego esterçando e freando sobre uma superfície úmida. Este ensaio é para determinar o limite mínimo para o teor de ligante asfáltico residual apropriado ao valor máximo admitido para a perda de peso por abrasão.

O procedimento padrão de ensaio, está descrito na norma ABNT NBR 14757 (2001).

2.6.3.2. *Determinação do excesso de asfalto e adesão de areia pela máquina (LWT – ISSA TB-109)*

O ensaio tem como objetivo definir o teor ideal de emulsão para um projeto de micro revestimento.

Segundo Cerratti (2011), a realização do ensaio permite proceder o efeito da compactação, características de deformação de camadas de misturas de MRAF e o limite máximo do teor de asfalto da mistura, assim evitando graves problemas com exsudação devido a ação do tráfego.

Os procedimentos de ensaio estão descritas na norma ABNT NBR 14841 (2015).

2.6.3.3. *Determinação da coesão e características da cura pelo coesímetro (MCT)*

De acordo com a norma ABNT NBR 14798 (2002), o teste de coesão é executado para definir e classificar o tempo de cura e de liberação do tráfego do MRAF, bem como aprimorar a quantidade de fíler adotado na mistura por meio da determinação do seu ponto máximo de coesão.

2.6.4. *Controle tecnológico*

De acordo Cerratti, 2011, o controle tecnológico de uma maneira geral, é um aspecto importante para que a qualidade do produto atinja o mínimo aceitável, proporcionando conforto e segurança para os usuários, como na utilização do micro revestimento asfáltico a frio. O controle de materiais é fundamental para certificar o desempenho, longevidade e atestando o padrão de qualidade estabelecido pelo projeto e normas técnicas pertinentes. Logo, o conjunto de todos esses aspectos são denominados genericamente “controle tecnológico”.

Para que seja feita o controle tecnologico sobre o MRAF, deve seguir principais métodos de ensaio relacionados ao plano de controle, bem como sua frequencia de valores limites para aceitação, como: Granulometria da mistura, equivalente de areia, adesividade, resíduos asfálticos, viscosidade *Saybolt Furol*, peneiramento, recuperação elástica a 25°C. (CERRATTI e REIS, 2011)

3. METODOLOGIA

3.1. Classificação de pesquisa

O tipo de pesquisa baseia-se em um estudo de caso exploratório de ordem qualitativa, uma vez que serão realizados estudos sobre os serviços de manutenção e conservação de pavimentos flexíveis na rodovia TO-050, KM 48 ao KM 60, que abrange a regional do município de Porto Nacional no estado do Tocantins, em prol de apresentar o método executivo da aplicação do MRAF, como também o controle tecnológico de aceitação. Verificar também se o recapeamento utilizando micro revestimento seria a técnica ideal para a conservação da rodovia.

3.2. Pesquisa bibliográfica

A pesquisa bibliográfica foi realizada em fontes eletrônicas e físicas. As informações em geral foram analisadas com base em livros, artigos, páginas na internet, normas técnicas pertinentes e manuais a fim de apresentar uma base sólida com os principais conceitos envolvidos, estabelecendo uma maior contribuição para a realização deste trabalho.

3.3. Programa federal CREMA

Com a necessidade de restauração e investimento em serviços de manutenção de pavimento, o Ministério dos Transportes e o DNER, negociaram com agências multilaterais de financiamento – BIRD (Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento), a formulação do Programa de Restauração e Descentralização de Rodovia Federais, nasceu assim o CREMA – Contrato de Restauração e Manutenção, com objetivos de recuperar os trechos de rodovias elencados, proporcionando sua manutenção pelo período de 4 (quatro) anos pela empresa contratada.

No estado do Tocantins, inicialmente foram abertos dois lotes (regional de Paraíso do Tocantins e de Porto Nacional - TO), totalizando um investimento inicial de R\$ 92.439.973,24 (noventa e dois milhões, quatrocentos e trinta e nove mil, novecentos e setenta e três reais, e vinte quatro centavos), onde foram feitas análises de possíveis dificuldades referentes a execução pelo Departamento de Estradas de

Rodagens do Estado do Tocantins (DERTINS), dando início aos serviços de manutenção e recuperação corresponde aos lotes.

3.4. Determinação do objeto de estudo

Previamente foi escolhido o lote 1 correspondente a regional do município de Porto Nacional – TO. A escolha foi baseada pelo volume de tráfego proporcionado pelo setor industrial do município, como também por novas instalações industriais, por coincidir ser uma das cidades mais próximas da capital e de fácil acesso para objeto de estudo.

3.4.1. Município de Porto Nacional e a rodovia TO-050

Caracterizada pelo IBGE por ser uma média cidade, possuindo cerca de 51.846 habitantes de acordo com o censo realizado pelo IBGE em 2014. É também uma das cidades mais próxima da capital, ficando localizada apenas a uma distância de 62 km. A cidade em questão possui um médio volume de tráfego, devido ao setor educacional ser o “forte” em relação ao tamanho da cidade, porém o volume de tráfego aumentou nos últimos anos, devido as novas instalações industriais. Conforme uma das novas empresas instaladas confirmam que haverá um aumento de 2.100 (dois mil e cem) veículos no volume semanal de tráfego, distribuídos entre caminhões tanque, caçambas e carretas de 4 (quatro) a 9 (nove) eixos. Dessa forma, exigirá mais da capacidade de suporte da principal rodovia TO-050 que interliga o município com a capital, Palmas – TO.

A via selecionada para estudo foi a rodovia TO-050, possui cerca de 62 km de extensão, porém foi estabelecido para estudo apenas uma parte do trecho que liga Palmas (rotatória sul) à Porto Nacional (KM 27,860 ao KM 39,860) que corresponde a 12 km de extensão (Figura 19). As características da rodovia podem ser observadas a seguir:

- Rodovia classe III
- Largura da plataforma: 11,00m
- Largura da pista: 7,00m
- Largura dos acostamentos: 2 x 1,30m = 2,60m
- Revestimento faixa de rolamento: Tratamento superficial duplo (TSD)

- Revestimento acostamento: Tratamento superficial simples (TSS).

Figura 19 – Rodovia TO-050 KM 48 ao KM 60.



Fonte: Google Maps, *online*.

3.5. Materiais e métodos

Foram realizadas seis visitas ao local da obra com o intuito de coletar o material necessário para a realização da análise do desempenho e dos ensaios que se fazem necessários para o desenvolvimento do projeto. Sendo que uma visita realizada no mês de junho de 2015 para o cadastramento das patologias de acordo com a norma DNIT 005/2003 TER. Duas visitas realizadas no mês de setembro e outubro de 2015, com o intuito de averiguar os serviços de reparos na rodovia e acompanhar a preparação da superfície para aplicação do MRAF (micro revestimento asfáltico a frio). Duas outras visitas realizadas durante a execução dos trabalhos de aplicação do micro revestimento a fim de avaliar procedimentos executivos de acordo com a norma DNIT-035/2005 ES, e realizar a coleta de material para o controle tecnológico segundo normas preconizadas. Por fim, a última visita foi realizada no mês de abril de 2016,

avaliando as condições que a rodovia se encontra em relação ao primeiro levantamento visual contínuo na rodovia TO-050.

De forma geral afim de estabelecer uma análise de desempenho quanto a sua qualidade e sua funcionalidade, do seu primeiro estado atual de conservação em um período de utilização de aproximadamente de 7 (sete) meses, e relacionando com os resultados obtidos nos referidos ensaios citados.

Para todas as visitas, utilizou-se de máquina fotográfica, assim como a presença de laboratoristas da empresa de fiscalização responsável pelo os serviços. Os materiais auxiliares para a constatação do acometimento de grau dos possíveis problemas encontrados nas visitas técnicas, como: diastímetro de fibra vidro, treliça, prancheta, papel, caneta, pincel e quadro branco 39x29 cm.

3.6. Levantamento de dados

Para a realização da análise do desempenho do MRAF foram realizados levantamentos de acordo com a norma DNIT 008 - PRO (2003), que trata do Levantamento Visual Contínuo (LVC).

Primeiramente foi realizado uma visita antes do início dos trabalhos de reabilitação no trecho, assim permitindo cadastramento das patologias. Para melhor apresentação se faz necessário a modificação da NOTA 2 da norma DNIT 008 - PRO (2003), as modificações relevante foram a parada e descida do veículo para registro fotográfico.

O segundo levantamaneto ocorreu após um período de 7 (sete) meses dos trabalhos de restauração terem finalizados, assim aguardando o término do período chuvoso durante a utilização do micro revestimento, com isso podendo realizar o comparativo dos levantamento e apontar possíveis causas da não adequação da solução.

No que concerne ao valor do Índice de Condição dos pavimentos Flexíveis e semirrígidos (ICPF), para determinar o conceito de avaliação do pavimento foram extraídos através do quadro 3 da norma DNIT 008 - PRO (2003),

Quadro 3 – Conceitos do ICPF

CONCEITO	DESCRIÇÃO	ICPF
Ótimo	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA	5 - 4
Bom	APLICAÇÃO DE LAMA ASFÁLTICA - Desgaste superficial, trincas não muito severas em áreas não muito extensas	4 - 3
Regular	CORREÇÃO DE PONTOS LOCALIZADOS OU RECAPEAMENTO - pavimento trincado, com "panelas" e remendos pouco freqüentes e com irregularidade longitudinal ou transversal.	3 - 2
Ruim	RECAPEAMENTO COM CORREÇÕES PRÉVIAS - defeitos generalizados com correções prévias em áreas localizadas - remendos superficiais ou profundos.	2 - 1
Péssimo	RECONSTRUÇÃO - defeitos generalizados com correções prévias em toda a extensão. Degradação do revestimento e das demais camadas - infiltração de água e descompactação da base	1 - 0

Fonte: (DNIT 008 - PRO, 2003)

Para determinar o valor do IGGE, foi realizado através da frequência das patologias e seus respectivos pesos, conforme equação 1. A classificação das patologias se faz em três conjuntos: Trincas, deformações e panela/remendos. O peso correspondente a cada grupo varia em função da frequência de ocorrência. Conforme quadro apresentado no quadro 4.

Equação 1: Determinação do IGGE

$$IGGE = (Pt \times Ft) + (Poap \times Foap) + (Ppr \times Fpr)$$

Fonte: (DNIT 008 - PRO, 2003)

Onde:

Pt = Peso do conjunto de trincas,

Ft = Frequência,

Poap = Peso do conjunto de deformações,

Foap = Frequência do conjunto de deformações,

Ppr = Peso do conjunto de panelas (p) e remendos (r),

Fpr = Frequência (quantidade por quilômetro) de panelas (p) e remendos (r).

Quadro 4 – Pesos das patologias em função da frequência de ocorrência

Frequência	Gravidade	Panelas e Remendos		Trincas (t) e Deformações (oap)		
		Fator F _{pr} (quantidade/km)	Peso	Fator F _t e F _{oap}	Peso de trincas	Peso das Deformações
A – Alta	3	≥ 5	1,00	≥ 50	0,65	1,00
M – Média	2	2 – 5	0,80	50 – 10	0,45	0,70
B – Baixa	1	≤ 2	0,70	≤ 10	0,30	0,60

Fonte: Adaptado de (DNIT 008 - PRO, 2003)

Tendo como objetivo final em determinar o valor do Índice do Estado da Superfície do pavimento (IES), onde os valores para sua avaliação compreendem de 0 (zero) a 10 (dez) é avaliado através dos resultados do ICPF e do IGGE calculados e associados destes dois índices.

O código e o conceito atribuídos ao estado da superfície determinam os valores do IES, extraídos do quadro 5.

Quadro 5 – índice do estado da superfície do pavimento (IES)

DESCRIÇÃO	IES	CÓDIGO	CONCEITO
IGGE ≤ 20 e ICPF > 3,5	0	A	ÓTIMO
IGGE ≤ 20 e ICPF ≤ 3,5	1	B	BOM
20 ≤ IGGE ≤ 40 e ICPF > 3,5	2		
20 ≤ IGGE ≤ 40 e ICPF ≤ 3,5	3	C	REGULAR
40 ≤ IGGE ≤ 60 e ICPF > 2,5	4		
40 ≤ IGGE ≤ 60 e ICPF ≤ 2,5	5	D	RUIM
60 ≤ IGGE ≤ 90 e ICPF > 2,5	7		RUIM
60 ≤ IGGE ≤ 90 e ICPF ≤ 2,5	8	E	PÉSSIMO
IGGE > 90	10		

Fonte: (DNIT 008 - PRO, 2003)

3.7. Verificação “*in loco*” da execução do micro revestimento asfáltico a frio

Foi realizado acompanhamento do processo de execução do MRAF de acordo com as especificações de serviços baseado na norma (DNIT 035-ES, 2005) em que, é preciso que seja analisado o pavimento antes da aplicação para posteriormente se necessário fazer reparos, realizar limpeza prévia da superfície, isentando qualquer tipo de material pulverulento sobre o revestimento, proteger elementos de drenagem da via, verificar condições climáticas antes da aplicação do MRAF, acompanhamento da homogeneização da composição da mistura, acompanhamento da aplicação do micro sobre o revestimento (fluxo), conformidades de emendas do eixo da rodovia e confinamento lateral da massa.

Também foram acompanhados a realização dos controles da mistura asfáltica, aonde amostras foram recolhidas na rodovia para aferir a taxa de ligante. Tal procedimento atende a norma DNER - ME 053 (1994).

O ensaio de granulometria é realizado após a execução da extração do betume com a utilização do agregado retido no equipamento. O ensaio de granulometria seguiram as norma DNER-ME 083 (1998) citada no procedimento de controle tecnológico no capítulo 3.7.1.1.

3.7.1. Procedimento do ensaio de extração de betume

Procedimentos para aferição do teor de betume conforme norma (DNER - ME 053, 1994);

1. Preparação da amostra.

- Recolha-se uma amostra betuminosa em um recipiente de deixe-se em fogo baixo para evaporar a água da mistura, mistura-se a massa afim que toda água saia.
- Em seguida retirar uma amostra de 1000g para execução do ensaio.

2. Execução do ensaio

- Pesa-se a amostra com no interior do prato, coloca-se o papel de filtro no prato é em seguida parafusar firmemente a tampa.

- Com o prato posicionado na máquina, deverá injetar com auxílio do béquero 150 ml de solvente (gasolina) e aguardar 15 minutos para acionamento do equipamento.
- Com o acionamento do equipamento a solução que se encontra no prato juntamente com a amostra escoará por um dreno, e será recolhida para verificação de sua tonalidade.
- Com a aferição do solvente que sai pelo dreno estiver com a tonalidade clara, retira-se o prato do equipamento e faz uma segunda pesagem.
- O peso da amostra antes do ensaio menos o do agregado retido no prato, dá o peso do betume extraído.

Equação 2 – Cálculo para extração de betume

$$P = \frac{\text{peso do betume extraído}}{\text{peso da amostra total}} \times 100$$

Fonte: (DNER - ME 053, 1994)

3.8. Realização dos ensaios laboratoriais (controle tecnológico)

Os ensaios laboratoriais das amostras foram coletados e realizados conforme normas técnicas do DNIT e ABNT.

Os métodos para a realização de cada ensaio seguiram procedimentos descritos a seguir.

3.8.1. Ensaio dos agregados

A seguir os métodos apresentados correspondem a ensaios que são realizados apenas com os agregados.

3.8.1.1. *Análise granulométrica (DNER-ME 083, 1998)*

Conforme Cerratti (2011), o objetivo do ensaio é obter a distribuição granulométrica de agregados. Tanto a quantidade como as aberturas das peneiras são função do tipo de faixa granulométrica especificada.

Procedimentos de ensaio conforme norma DNER-ME 083/98;

- Secar a amostra em estufa (105 a 110)°C até constância de peso e medir a massa inicial.
- Lavar a massa de amostra inicial sob a peneira de nº 200 (0,075 mm de abertura), utilizar a peneira nº 40 (0,42 mm de abertura) para proteger a peneira nº 200.
- Secar a amostra lavada em estufa (105 a 110)°C até constância de peso e medir a massa seca lavada.
- Retirar da estufa, deixar esfriar ao ar e colocar a massa seca lavada sobre a peneira superior do conjunto de peneiras e agitar o conjunto ou acionar o equipamento, evitando-se a formação de camada espessa.
- Proceder à agitação das peneiras até que não mais que 1% da massa total da amostra passe em qualquer uma das peneiras.
- Medir a massa acumulada de cada peneira, inclusive o fundo.

3.8.1.2. *Equivalente de areia (DNER-ME 054, 1997)*

De acordo com Cerratti (2011), o objetivo do ensaio é determinar a quantidade de materiais finos (argila e silte) na fração de areia.

Procedimentos para realização do ensaio conforme DNER-ME 054/1997;

- Separar cerca de 250 g de material passado na peneira nº 4 (abertura 4,76 mm).
- Umedecer a amostra com água, em quantidade suficiente, de forma que, depois de homogeneizada, quando pressionada com a mão não libere água.
- Sifonar a solução de trabalho para a proveta até atingir o traço de referência a 10 cm da base.

- Medir uma quantidade de massa úmida da amostra de cerca de 110 g ou uma cápsula padrão do ensaio cheia (não compactar a amostra).
- Com auxílio de um funil, adicionar a amostra na proveta com a solução de trabalho.
- Bater energeticamente no fundo da proveta, de forma a liberar eventual ar ocluso.
- Deixar a proveta, solução de trabalho e amostra em repouso por 10 min.
- Tapar a proveta com uma rolha de borracha e agitá-la vigorosamente, num movimento de vai e vem (cerce de 20 cm), horizontalmente, num total de 90 ciclos em aproximadamente 30 s.
- Retira a rolha e introduzir o tubo lavador até o fundo da proveta, abrir a vazão da solução de trabalho e agitar com a ponta do tubo lavador a areia, de forma a liberar eventual porção de argila contida, tomando-se o cuidado de agitar levemente a proveta.
- Quando o nível de solução de trabalho atingir a segunda marca da proveta (38 cm), suspender lentamente o tubo lavador, de forma que o nível se mantenha constante.
- Atingir a segunda marca (38 cm), interromper a vazão e deixar em repouso a proveta + solução de trabalho + amostra por um período de 20 min, sem nenhuma perturbação.
- Após o período acima, efetuar a leitura superior da suspensão argilosa com uma régua (a leitura com precisão de 2mm): L₁ argila ___mm e L₂ argila ___mm.
- Introduzir o pistão cuidadosamente na proveta até assentar a base sobre a areia, girando a haste ligeiramente, de forma que os pinos laterais da base apareçam.
- Ajustar o disco móvel na boca da proveta, fixando-o à haste por um parafuso.
- Determinar a altura entre a base da proveta e o pino lateral da base do pistão.
- L₁ areia ___mm e L₂ areia ___mm.

O resultado de ensaio é a média aritmética de três determinações, expressa em %. Após a adição da solução de trabalho, no caso de qualquer perturbação na proveta, o ensaio deverá ser descartado. (CERRATTI e REIS, 2011)

Equação 3 – Cálculos equivalente de areia

	Fórmula	Determinações	Média	Equivalente areia
EA	$EA = \frac{L_{\text{areia}}}{L_{\text{argila}}} \cdot 100$	$EA_1 = \text{---} \cdot 100$	$EA = \frac{\text{---}}{3}$	
		$EA_2 = \text{---} \cdot 100$		
		$EA_3 = \text{---} \cdot 100$		

Fonte: (CERRATTI e REIS, 2011)

3.8.1.3. Determinação da adesividade de misturas (ABNT NBR 12583, 1992)

Se verifica no ensaio a propriedade que o agregado apresenta de ser aderido por material betuminoso, o procedimento é realizado na imersão do agregado / ligante em água destilada a 40°, durante 72 horas, após esse período é observado o não deslocamento da película betuminosa que recobre o agregado.

Procedimentos para realização do ensaio estão descritos a seguir;

- É retirado uma amostra do agregado passante na peneira de 19 mm e fica retido na de 12,5 mm. A seguir a amostra deve ser lavada e acomodada em um recipiente com água destilada, durante 1 minuto. Seguidamente, deve ser levada à estufa a 120° por duas horas.
- Pesar, no recipiente (500 ± 1) g da amostra preparada.
- As amostras de emulsão asfáltica deve ser aplicada em temperatura ambiente.
- Adicionar sobre o agregado aquecido (17,5 ± 0,5) g de emulsão asfáltica, e com uma espátula, proceder a homogeneização da mistura até completo envolvimento da amostra.
- A amostra de agregado envolvida e colocado sobre uma placa de vidro com uma superfície lisa ou papel siliconado, com o propósito que o ligante betuminoso esfrie ou se rompa ou cure. Na sequência, a amostra é colocada em um béquer de vidro e recoberto

totalmente com água destilada. O recipiente e colocado na estufa a 40° e mantido por 72 horas.

O resultado e avalido satisfatório quando, no fim das 72 horas, a amostra não apresentar nenhum deslocamento da película betuminosa e insatisfatória quando houver parcial ou total deslocamento nesse período.

3.8.2. *Ensaio das emulsões asfálticas catiônicas elastomérica RC1C-E*

A seguir os métodos apresentados correspondem a ensaios que são realizados apenas com as emulsões asfálticas.

3.8.2.1. *Determinação do resíduo seco por evaporação (ABNT NBR 14896, 2012)*

Segundo Cerratti (2011), o objetivo do ensaio é determinar a quantidade de resíduo seco por evaporação de emulsões asfálticas modificadas com polímero.

Ainda segundo o autor a amostra coletada deve atender em quantidade suficiente e representativa com cerca de 500 ml. Em seguida deve ser homogenizada e peneirada na peneira nº 20 e colocada no béquer.

Procedimentos do ensaio, conforme a norma NBR 14806/2012;

- Medir a massa do conjunto em recipientes metálicos com dimensões aproximadas de 200 mm de diâmetro e 50 mm de altura, também e necessario para a realização do ensaio uma espátula de aço inoxidável de 200 mm de comprimento e 30 mm de largura: $M_1 = \text{___g}$.
- Verter $(300,0 \pm 0,1)$ g da emulsão do béquer no recipiente metálico e anotar a massa do conjunto; recipiente metálico, espátula e emulsão. $M_2 = \text{___g}$.
- Levar o conjunto com a amostra de emulsão para a estufa previamente ajustada em $(130 \pm 5)^\circ\text{C}$.
- Após estabilização da temperatura da emulsão com a temperatura da estufa, acionar o cronômetro. Após 4 h, efetuar a primeira medida da massa do conjunto.

- Repetir as medições intermediárias (M_i) das massas do conjunto a cada intervalo de 1 hora.
- Considerar massa constante quando a diferença entre as medições do conjunto forem menores que 0,1%.
- Após a obtenção de massa constantes, retirar o conjunto da estufa, deixar esfriar e registrar a massa constante final: $M_3 = \text{---g}$.

Equação 4 – Fórmula para determinar porcentagem do resíduo seco

$$\% \text{ de resíduo} = \frac{M_3 - M_1}{M_2 - M_1} \cdot 100 \quad \% \text{ de resíduo} = \text{---} \cdot 100 = \text{---}$$

Fonte: (CERRATTI e REIS, 2011)

3.8.2.2. Determinação da viscosidade Saybolt-Furol (ABNT NBR 14491, 2007)

Segundo a norma ABNT descreve o procedimento para determinação da consistência de emulsões asfálticas utilizando o viscosímetro Saybolt-Furol.

Procedimentos de ensaio à temperatura 25°C, conforme norma NBR 14491/2007;

- Homogenizar a amostra de emulsão asfáltica por meio de agitação, de forma a eliminar eventuais bolhas de ar. Em seguida, verter a amostra em um Erlenmeyer de 100 ml de capacidade.
- Tampar o frasco e colocá-lo em banho em torno de 25°C por um período de 30 min, agitando-o levemente com um termômetro, evitando-se a incorporação de bolhas de ar.
- Limpar e secar o tubo do viscosímetro, inserir a rolha e ajustar a temperatura do banho do viscosímetro para $(25,0 \pm 0,5)^\circ\text{C}$.
- Estabilizar a temperatura da emulsão, vertê-la dentro do tubo de diâmetro menor, com auxílio de um funil, até transbordar para seção maior do recipiente do viscosímetro.
- Agitar a emulsão contida dentro do tubo do viscosímetro com um termômetro, evitando-se a incorporação de ar.

- Posicionar o frasco de 60 ml sob o orifício do tubo do viscosímetro.
- Após atingir a temperatura de ensaio ($25,0 \pm 0,5$)°C, retirar a rolha e, ao mesmo tempo, acionar o cronômetro. Deixar a amostra fluir continuamente para o inferior do frasco e interromper o cronômetro assim que a amostra atingir a marca de 60 ml do frasco.
- Registrar o tempo transcorrido de ensaio: Tempo (s)_____.

Ainda segundo Cerratti (2011), os resultados devem ser fornecidos com aproximação de 1 s e tempos inferiores a 20 s, o não atendimento ao tempo o método será considerado inadequado.

3.8.2.3. *Determinação da peneiração (ABNT NBR 14393, 2012)*

O objetivo de acordo com a ABNT é determinar a porcentagem de material retido por peneiração de emulsões asfálticas.

Procedimentos do ensaio conforme a norma NBR 14393/2012;

- Medir a massa de 1.000 g de emulsão asfáltica em um béquer com capacidade de 1.500 ml.
- Aquecer a emulsão a 50°C se a viscosidade for superior a 100 SSF a 25°C; caso a viscosidade seja igual ou inferior a 100 SSF a 25°C, utilizar a emulsão à temperatura ambiente.
- Medir a massa do conjunto – peneira com abertura 0,841 mm (peneira n° 20) de 5 cm de altura e 8 cm de diâmetro e fundo: $M_a = \text{___g}$ (sensibilidade 0,1 g).
- Umedecer a malha da peneira com uma emulsão de oleato de sódio a 2% se a emulsão for aniônica e com água destilada se a emulsão for catiônica ou não iônica.
- Verter pela peneira a massa de emulsão contida no béquer. Deve-se lavar o béquer de forma a retirar o máximo de emulsão contida nele. Lavar com água corrente o resíduo retido na peneira e lavar a peneira com solução de oleato de sódio a 2%, no caso de

emulsões catiônicas ou não iônicas. A lavagem deve ser repetida até que a água ou a solução sai límpida.

- Colocar a peneira sobre o fundo e levar o conjunto para a estufa (110°C) até atingir constância de massa.
- Retirar o conjunto da estufa e colocá-lo no dessecador para que atinja temperatura ambiente.
- Determinar a massa do conjunto (peneira mais fundo) e material retido: $M_b = \text{___g}$ (sensibilidade 0,1g).

Equação 5 – Cálculo para determinação da peneiração

% de material retido =	$\frac{M_b - M_a}{1.000} \cdot 100$	$\frac{(\text{___} - \text{___})}{1.000} \cdot 100$	Material retido _____%
------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------------------------	---------------------------

Fonte: (CERRATTI e REIS, 2011)

3.8.2.4. Recuperação elástica (ABNT NBR 15086, 2006)

Conforme ABNT o objetivo da norma é determinar as características elásticas dos materiais betuminosos com o emprego do ductlômetro.

A seguir serão abordado o método de preparo do corpo de prova e ensaio conforme NBR 15086/2006;

1. Preparo do corpo de prova.

- Aquecer a amostra de ligante asfáltico à temperatura de $(135 \pm 5)^\circ\text{C}$ e passar pela peneira n° 50. Pode-se utilizar a peneira n° 20 para peneiramento; nesse caso, a temperatura para o ligante asfáltico é mais elevada.
- Montar o molde sobre uma placa de bronze previamente untada com uma mistura de glicerina e dextrina.
- Untar as paredes do molde que ficarão em contato com o ligante asfáltico e montá-lo sobre a placa de bronze.
- Verter o ligante asfáltico vagorosamente no molde, de maneira a preenchê-lo totalmente.
- Deixar esfriar ao ar por (35 ± 5) min e, em seguida, colocar no banho à temperatura de $(25 \pm 0,5)^\circ\text{C}$.

- Retirar o molde + ligante asfáltico do banho e rasar a superfície excedente de ligante asfáltico com uma espátula levemente aquecida.
- Colocar o molde + ligante asfáltico no banho à temperatura de $(25 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ por um período de $(90 \pm 0,5)$ min.

2. Ensaio.

- Remover a placa de bronze do molde, mantendo o conjunto (molde + ligante asfáltico) dentro do banho.
- Remover as laterais do molde.
- Encaixar o molde nos pinos de tração da máquina (ductilômetro).
- Acionar a máquina a uma velocidade de tração de $5 \text{ cm/min} \pm 5\%$.
- Tracionar a amostra até $(20 \pm 0,5)$ cm e desligar a máquina. Imediatamente, com uma tesoura, cortar no ponto médio da amostra alongada. Registrar a posição inicial: $E_1 = \text{___ cm}$; $E_2 = \text{___ cm}$; $E_3 = \text{___ cm}$.
- Após 60 min, retornar o carrinho de tração, de forma que as pontas da amostra se toquem, e medir a distância retornada: $X_1 = \text{___ cm}$; $X_2 = \text{___ cm}$; $X_3 = \text{___ cm}$.

Seguindo critérios da NBR 15086/06, quando não é especificada a temperatura do banho no ensaio, utilizar $(25 \pm 0,5)^\circ\text{C}$. Para correção da densidade do banho em função da densidade do ligante asfáltico, utiliza-se álcool etílico para baixar a densidade, já para aumentar a densidade utiliza-se cloreto de sódio.

Em casos que amostra romper durante o processo de tracionamento desconsiderar a amostra. Se haver rupturas nas três amostras durante o tracionamento, registrar que a recuperação elástica da amostra em questão, não pode ser obtida sob as condições de ensaio. (CERRATTI e REIS, 2011)

Equação 6 – Fórmula recuperação elástica

Recuperação (%)	Fórmula	Valores individuais			Recuperação média (%)
	$REC = \frac{E-X}{E} \cdot 100$	$REC_1 = \text{___} \cdot 100$	$REC_2 = \text{___} \cdot 100$	$REC_3 = \text{___} \cdot 100$	
		$REC_1 =$	$REC_2 =$	$REC_3 =$	

Fonte: (CERRATTI e REIS, 2011)

4. RESULTADOS

4.1. Definição e etapas

De acordo com os dados fornecidos pelo órgão, foi possível realizar uma primeira análise das soluções técnicas, itens de serviço e quantidade indicadas no projeto de engenharia. Assim foram constatadas as seguintes etapas pertinentes ao programa CREMA-TO.

Em primeiro momento foram realizadas as recuperações preliminares na rodovia (quadro 6 / etapa 1). Esses trabalhos objetivaram além dos serviços típicos de manutenção de rotina como também serviços para correção e acréscimo de todos os elementos necessários para um funcionamento da rodovia. No caso do pavimento, esses trabalhos foram os reparos e selagem de trincas, não substituindo as intervenções de reabilitação.

No segundo momento foram realizados os serviços de restauração do pavimento (quadro 6 / etapa 2). Os quais visam restituir as condições de trafegabilidade segura, econômica, confortável aos passageiros e bens de produção. De acordo com o projeto alguns segmentos além de contar com recuperação funcional, também foram executadas recuperações estrutural dependendo do grau de gravidade das patologias identificadas, medidas nas quais são necessárias para atender os padrões de desempenho exigidos para atender a vida útil do projeto de restauração.

Por fim, serão executados os trabalhos de manutenção de rotina (quadro 6 / etapa 3), em que compreende o conjunto nas execuções de serviços de forma permanente, relacionados a reparos e a manutenção dos elementos componentes da rodovia.

Para melhor conclusão das definições e etapas de projeto podem ser observadas no quadro 6, onde apresenta detalhadamente cada grupo de atividade com os respectivos itens de serviço, que são os de recuperação preliminar ou inicial, restauração e manutenções de rotina, de acordo com as especificações técnicas estabelecidas pelo Programa de Desenvolvimento Regional Integrado Sustentável (PDRIS).

Quadro 6 – Grupos de atividades

Grupo de Atividades	Itens de Serviços
Etapa 1 Grupo 1 Recuperação Preliminar	Canteiros, Interseções e Faixa de Domínio
	Pavimento das Pistas e Acostamentos
	Sistema de Drenagem e Obras de Arte Correntes
	Sinalização Horizontal e Vertical
	Obras de Arte Especiais (caráter funcional)
	Terrapleno e Estruturas de Contenção
	Dispositivos de Proteção e Segurança
Etapa 2 – Obras de Reabilitação	
GRUPO 2.1 Obras de Reabilitação do Pavimento	Reabilitação da Pista
	Reabilitação de Acostamentos
GRUPO 2.2 Obras de Recuperação da Drenagem	Drenagem Superficial
	Drenagem Profunda
	Drenagem de Grotas
GRUPO 2.3 Obras de Sinalização	Sinalização Horizontal
	Sinalização Vertical
GRUPO 2.4 Dispositivos de Proteção e Segurança	Cercas
	Defensas
GRUPO 2.5 Obras de recuperação de Erosões e estabilização de maciços	Recuperação de Erosões
	Estabilização de Maciços
Etapa 3 Grupo 3 Manutenção de Rotina	Canteiros, Interseções e Faixa de Domínio
	Pavimento das Pistas e Acostamentos
	Sistema de Drenagem e Obras de Arte Correntes
	Sinalização Horizontal e Vertical
	Obras de Arte Especiais (caráter funcional)
	Terrapleno e Estruturas de Contenção
	Dispositivos de Proteção e Segurança

Fonte: (PDRIS, 2013)

4.2. Análise do trecho TO-050

4.2.1. Estado de conservação inicial, (1ª Visita)

O trecho rodoviário da TO-050 acertada para estudo está apresentada com dados baseados no estado da superfície do pavimento, relacionados com a porcentagem com que as patologias são encontradas, os mais frequentes e o estado de conservação em que se encontra a faixa de rolamento.

Para avaliar o grau de severidade do trecho em estudo em questão, dividiu-se o trecho em 12 (doze) seções de 1 (um) km cada, demonstrando números de nível de baixa, média ou alta (quadro 7). Como exemplo, as patologias de trinca tipo “couro de jacaré” não houve seções que apresentaram nível de severidade alto, 3 (três) seções apresentaram nível de severidade média e 5 (cinco) seções com severidade nível baixo.

Quadro 7 – Nível de severidade da TO-050 (km 48 à km 60)

Patologias	NÍVEL DE SEVERIDADE				TOTAL DE SEÇÕES COM DEFEITOS
	NÃO POSSUI DEFEITO	A	M	B	
P - Panelas	6		2	4	6
R - Remendo	5		3	4	7
TR - Trinca Isolada	6			6	6
TJ - Trinca Couro de Jacaré	4		3	5	8
TB - Trinca em Bloco	12				0
AF - Afundamento	6		2	4	6
O - Ondulações	12				0
E - Escorregamento do Revestimento Betuminoso	9		1	2	3
D - Desgaste do Pavimento	12				0
EX - Exsudação	5	1		6	7

A = NÍVEL DE SEVERIDADE ALTO; M = NÍVEL DE SEVERIDADE MÉDIA; B = NÍVEL DE SEVERIDADE BAIXO.

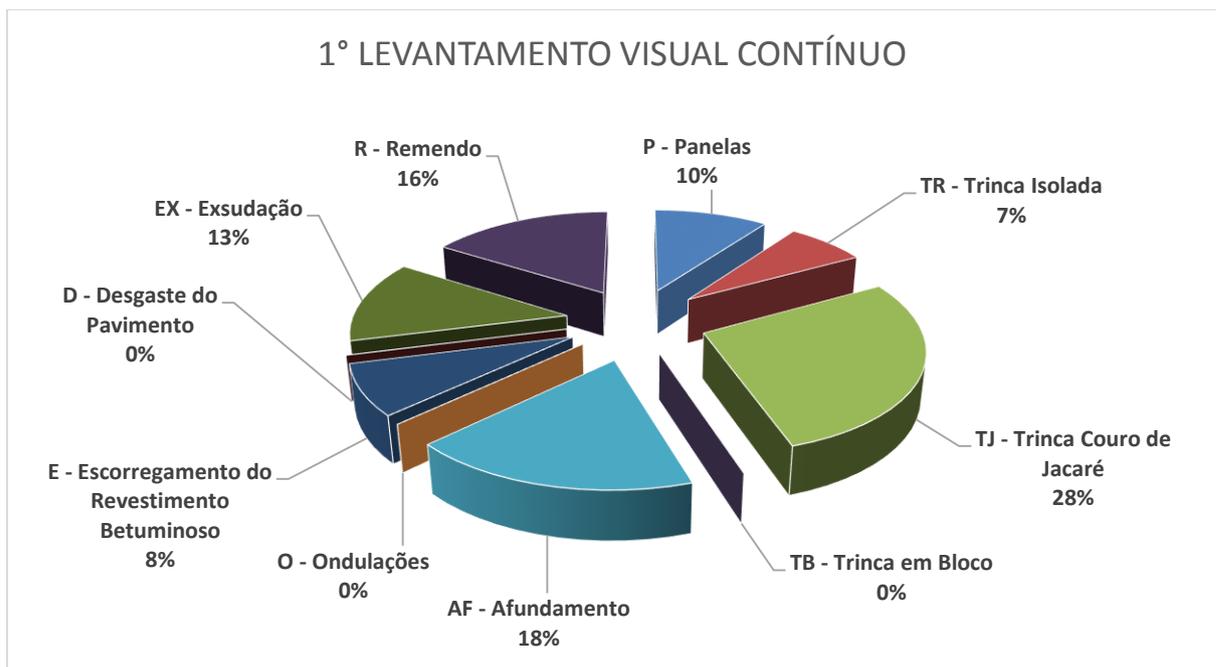
Fonte: Autor

Durante o levantamento visual contínuo (LVC), foi verificada que muitas manifestações estavam na proximidade das instalações do polo industrial do município de Porto Nacional.

No gráfico 1, é apresentado valor global das repetições patológicas no trecho em estudo durante o primeiro levantamento, onde os mais presentes foram as trincas tipo “couro de jacaré” (28%) e afundamento com (18%).

Os defeitos referentes as ondulações, trinca em bloco e desgaste do pavimento não foram encontrados na rodovia.

Gráfico 1 – Porcentagem das manifestações patológicas



Fonte: Autor

Conforme dados do quadro 7, os níveis de severidade foram observados obedecendo os índices de porcentagem delimitados a seguir:

- A trinca tipo “couro de jacaré” foi o defeito mais frequente, presente nas 8 das 12 seções analisadas, sendo que 4 seções não possuíam defeitos, 3 apresentaram nível de severidade médio e 5 seções com nível de severidade baixo.
- Os remendos, segundo mais exposto no pavimento, esteve presente nas 7 das 12 seções avaliadas. Quanto aos níveis de severidade, 4 seções não apresentaram defeitos de remendos, 3 seções apresentaram níveis de severidade médio e 4 seções com níveis de severidade baixo.

- A manifestação patológica referente a exsudação foi a única que apresentou em 1 seção nível de severidade alto das 12 seções analisadas, as demais seções 6 apresentaram nível de severidade baixo e 5 não apresentaram problemas.
- Para os defeitos referentes a trincas isoladas, 6 apresentaram manifestações patológicas das 12 seções analisadas. Quanto ao nível de severidade, 6 seções apresentaram nível de severidade baixo e 6 seções não apresentaram defeitos.
- No que concerne ao defeito de panelas, esteve presente nas 6 das 12 seções analisadas. Já quanto ao nível de severidade, 6 seções não apresentaram problemas, 2 seções possuíam nível de severidade médio e 4 seções possuíam nível de severidade baixo.
- O defeito de afundamento esteve presente em 7 seções da 12 analisadas. Quanto ao nível de severidade, 6 seções não apresentaram problemas, 2 seções apresentaram nível de severidade médio e 4 seções com severidade baixo.
- Já o defeito de escorregamento do revestimento betuminoso, houve presença de manifestações em 3 das 12 seções. Quanto ao nível de severidade, 9 seções não apresentaram problema, 1 seção apresentou nível de severidade médio e 2 seções apresentaram nível de severidade baixo.
- Os defeitos de trinca de bloco, ondulações e desgaste do pavimento não foram identificados em nenhuma das 12 seções observadas.

Os dados relacionados à classificação global do trecho avaliados referente ao índice do estado da superfície do pavimento (IES), calculados através do índice de condição dos pavimentos flexíveis (ICPF) e do índice de gravidade global expedito (IGGE), estão expostos no quadro 8. O conceito associado ao trecho varia de ótimo a péssimo, do qual os valores de IES para conceito ótimo corresponde ao valor de zero, valores de IES para conceito bom correspondem valores entre um a dois, valores de IES para conceito regular equivalem valores entre três a quatro, o pavimento em condição ruim apresenta valores entre cinco a sete, já para pavimento em condições péssimas apresentam conceitos de valores entre oito a dez. Sendo assim quanto

maior o valor do IES, torna-se as estratégias para restauração da rodovia mais complexa.

Quadro 8 – Quadro de resumos 1ª levantamento

Nº DO SEG	SEGMENTO			RESULTADOS					ESTRATÉGICA
				ICPF	IGGE	IES			
	Km início	Km fim	Extensão			Valor	Cód.	Conceito	
1	48,1	49,1	1 Km	3	20,00	1	B	BOM	Aplicação de Lama Asfáltica
2	49,1	50,1	1 Km	5	5,99	0	A	ÓTIMO	Conservação Rotineira
3	50,1	51,1	1 Km	2	28,35	3	C	REGULAR	Correção de Pontos Localizados ou Recapeamento
4	51,1	52,1	1 Km	3	4,81	1	B	BOM	Aplicação de Lama Asfáltica
5	52,1	53,1	1 Km	3	10,65	1	B	BOM	Aplicação de Lama Asfáltica
6	53,1	54,1	1 Km	3	22,91	3	C	REGULAR	Correção de Pontos Localizados ou Recapeamento
7	54,1	55,1	1 Km	3	26,69	3	C	REGULAR	Correção de Pontos Localizados ou Recapeamento
8	55,1	56,1	1 Km	4	6,17	0	A	ÓTIMO	Conservação Rotineira
9	56,1	57,1	1 Km	5	1,56	0	A	ÓTIMO	Conservação Rotineira
10	57,1	58,1	1 Km	5	0,86	0	A	ÓTIMO	Conservação Rotineira
11	58,1	59,1	1 Km	3	1,56	1	B	BOM	Aplicação de Lama Asfáltica
12	59,1	60,1	1 Km	3	5,49	1	B	BOM	Aplicação de Lama Asfáltica
VALOR GLOBAL - IES				3,5	11,25	1	B	BOM	Aplicação de Lama Asfáltica

Fonte: Autor

Os formulários utilizados para realização do levantamento visual contínuo (LVC), assim como os valores de avaliação do ICPF e os cálculos do IGGE, se encontra nos Anexo I e II para maior compreensão desses dados.

4.2.2. Levantamento fotográfico e análise de manifestações, (1ª Visita)

Durante do levantamento de dados para a composição dos resultados do índice de gravidade global expedito, foi catalogado as principais patologias no trecho em estudo.

Como pode ser visualizado na figura 20, que as trincas tipo “couro de jacaré” eram as que mais se repetiam durante o levantamento. É importante salientar que

houve uma concentração dessa patologia no polo industrial de Porto Nacional de classe FC-2 e FC-3.

Figura 20 – Trincas tipo “couro de jacaré”



Fonte: Autor, 2015

Na figura 22, e apresentada próximo ao km 54,020 que a área afetada pela exsudação apresenta espelhamento (aparência brilhante) e fechamento da macro textura superficial, o que propicia o aparecimento de marcas de pneus em dias quentes.

Figura 22 – Exsudação no KM 54,320



Fonte: Autor, 2015

Em parte do trecho foi encontrado conjuntos de manifestações patológicas, como: Afundamento plástico local e escorregamento do revestimento do betuminoso e exsudação do ligante betuminoso (figura 21).

Figura 21 – Conjunto de manifestações patológicas



Fonte: Autor, 2015

Na figura 22, foi identificado o deslocamento do micro revestimento, possivelmente de uma restauração realizada anteriormente.

Figura 22 – Deslocamento



Fonte: Autor, 2015

Nos levantamentos dos dados para determinar o IGGE, foi visualizado que em algumas trincas haviam bombeamento de finos, possivelmente devido a presença de água sob pressão originado pela ação do tráfego (figura 23).

Figura 23 – Trinca com bombeamento de finos



Fonte: Autor, 2015

De acordo com a figura 24, a patologia registrada estar no estágio final da trinca tipo “couro de jacaré” onde já se inicia o deslocamento dos blocos. Na ausência de reparos emergências, a patologia pode originar problemas como panelas.

Figura 24 – Estágio final da trinca tipo “couro de jacaré”



Fonte: Autor, 2015

Conforme a figura 25, algumas soluções de remendos realizados no trecho da TO-050 já apresentam redução parcial de sua capacidade estrutural, com perda de material granular e escorregamento lateral da massa do pré-misturado a frio.

Figura 25 – Remendo comprometido



Fonte: Autor, 2015

Na figura 26, apresenta manifestação de trinca longitudinal nos bordos da rodovia.

Figura 26 – Trinca longitudinal



Fonte: Autor, 2015

4.3. Procedimentos Construtivos

Para realização de boas práticas na execução do micro revestimento asfáltico a frio (MRAF), foram realizados procedimentos avaliativos das condições estruturais e funcional do pavimento, bem como do desgaste da superfície a ser tratada. Portanto, para o bom desempenho do MRAF depende entre outros aspectos, do domínio das técnicas executivas por parte da empresa.

4.3.1. Reparos iniciais

No período de junho a julho de 2015 foram realizados reparos profundos e superficiais, assim restaurando a capacidade estrutural do trecho estudado. Logo após identificações e análises do grau de gravidade das patologias, equipes foram mobilizadas para realização dos reparos. Na figura 27, onde apresenta uma atividade de reparo profundo foi realizado a delimitação da área a ser cortada formando um retângulo com folga de 10 cm para cada lado.

Figura 27 – Delimitação da área cortada



Fonte: Autor, 2015

Realizado a delimitação da área juntamente com seu corte do pavimento, iniciou-se a remoção a frio do revestimento e do seu material granular com capacidade estrutural comprometida. Nessa etapa do remendo profundo foi utilizado uma retroescavadeira, reduzindo o risco de danificar o pavimento durante o processo de remoção do material. Um ponto importante a ser observado, foi a regularização dos bordos projetando um ângulo de noventa graus (90°) em relação ao pavimento para combater os esforços de cisalhamento acometidos pelo tráfego. A destinação do material removido para locais de bota fora utilizou-se um caminhão caçamba (figura 28).

Figura 28 – Remoção do revestimento danificado



Fonte: Autor, 2015

Após finalizado todo processo de remoção do material granular e limpeza do fundo da vala, foi executado a recomposição do material da base com solo melhorado com cimento, visando substancialmente a melhoria das características no que se refere a sua plasticidade e a resistência a água (figura 29). Para efetuar o aumento da densidade relativa e aplicar energia mecânica ao solo, empregou-se o rolo compactador liso em camadas de 5 a 6 cm com 12 fecho (passadas), esse processo pode ser observado na figura 30. Para concluir a etapa do remendo profundo, antes do lançamento do pré-misturado a frio com ruptura média (RM-1C) realizaram uma

pintura de ligação com ruptura rápida (RR-1C), seguido novamente de compactação do PMF (figura 31 e 32).

Figura 29 – Solo melhorado com cimento



Fonte: Autor, 2015

Figura 30 – Compactação da base



Fonte: Autor, 2015

Figura 31 – Pintura de ligação e preenchimento com PMF



Fonte: Autor, 2015

Figura 32 – Compactação do PMF



Fonte: Autor, 2015

Em alguns pontos da rodovia em estudo, houve a necessidade de reparos superficiais sem a necessidade de substituição das camadas subjacentes, como no reparo profundo. O reparo superficial em questão, se tornava menos complexo, onde realizava-se substituição da área danificada pelo pré-misturado a frio (PMF).

4.3.2. Preparação da superfície

No mês de setembro do ano de 2015, os trabalhos de preparação da superfície foram iniciados na rodovia para recebimento do micro revestimento. Esta etapa foi dividida em duas frentes de trabalho, na qual a primeira ficou responsável pela limpeza e a segunda pela remoção das tachas refletivas.

Para auxiliar a limpeza prévia da superfície utilizou-se de vassoura manuais e de uma retroescavadeira (figura 33), a fim de remover o pó, argilas ou materiais soltos na superfície.

Figura 33 – Limpeza do pavimento



Fonte: Autor, 2015

Posteriormente para manter uma boa homogeneidade da massa do micro revestimento sem que haja estrias (riscos na aplicação do micro), retirou-se todas as tachas refletivas com picaretas (figura 34).

Figura 34 – Removendo as tachas refletivas



Fonte: Autor, 2015

Em um determinado ponto do trecho foi observado que durante à aplicação do micro revestimento, a empresa de engenharia responsável pela restauração apresentava dificuldade para determinar uma solução no excesso de material pulverulento na pista (figura 35), pois na margem da rodovia está instalado o acesso ao principal pátio industrial da rodovia TO-050 (complexo industrial da Granol). Na realização da limpeza do pavimento foi possível visualizar manifestações patológicas (trincas tipo “couro de jacaré), que não receberam reparos no primeiro momento.

Figura 35 – Reparos ineficientes



Fonte: Autor, 2015

4.3.3. *Dosagem do Micro Revestimento a Frio Modificado por Polímero*

Para atender os processos executivos do MRAF, foram realizados procedimentos conforme diretrizes da norma DNIT 035/2005 – ES, para a seleção e caracterização dos materiais de mistura, essencialmente os agregados, emulsão asfáltica elastômerica de ruptura controlada, água e fíler mineral.

Devido dificuldades em realizar os ensaios de compatibilização dos materiais por falta de equipamentos, a empresa responsável pelas obras de restauração subempreitou os serviços laboratoriais de dosagem do MRAF, sendo responsável somente pelo envio de amostras coletadas dos britadores da região para os ensaios necessários.

Os resultados da caracterização dos componentes do micro revestimento, obtidos para determinar a dosagem, podem ser analisados no quadro 9 apresentado a seguir.

Quadro 9 – Materiais Empregados

Tipo de Agregado	Densidade Aparente (g/cm³)	Fornecedor/Procedência
Pó de Pedra	1,48	Pedreira Anhaguera
Brita 0	1,39	Pedreira Anhaguera
Cal Hidratada	0,65	Fortex
Emulsão Modificada por polímero	0,996	Centro-Oeste Asfaltos LTDA

Fonte: Centro-Oeste Asfaltos, empresa.

Para a seleção dos agregados foi definido para projeto a faixa II, sendo a mais recomendada para a TO-050 devido ao elevado tráfego. No capítulo 2 os limites são apresentados por porcentagem passando em peso, sendo possível realizar sua inspeção.

A seguir no quadro 10, estar apresentado o ensaio de granulometria da mistura adotado pela empresa de engenharia, a mesma apresenta uma não conformidade na peneira 3/8 havendo retenção de material, podendo ocorrer segregação do mesmo.

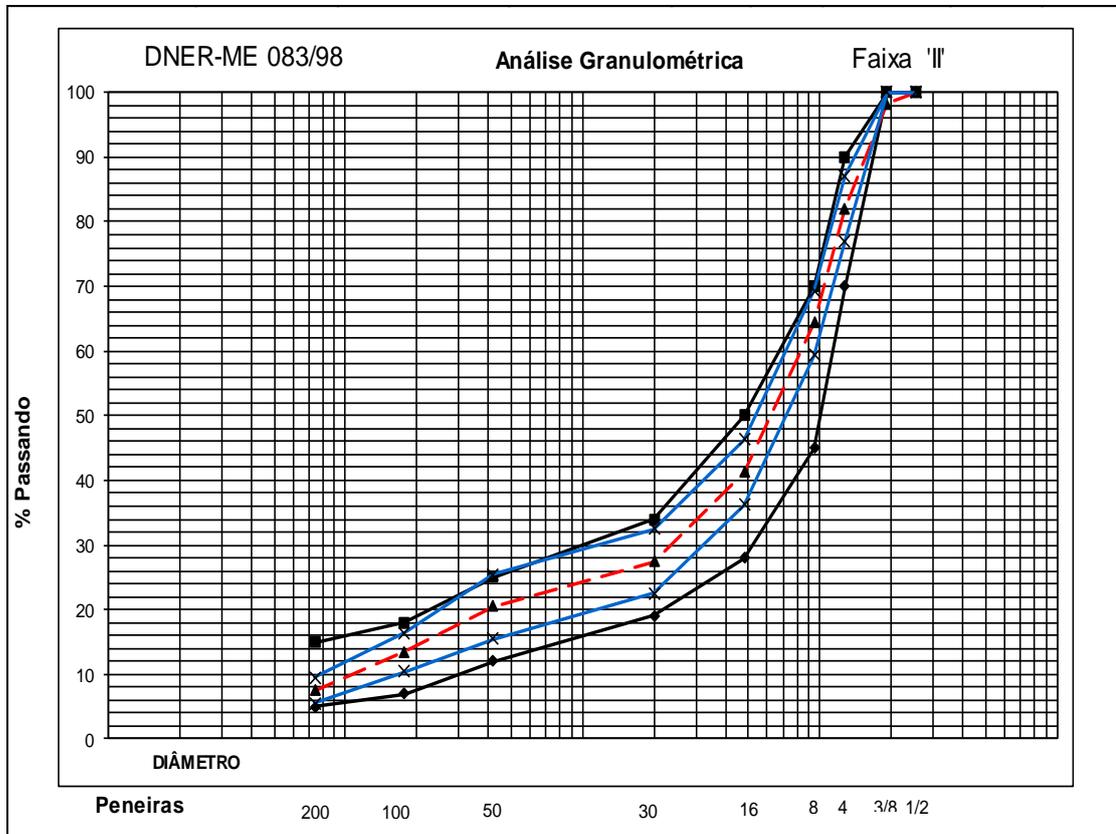
Quadro 10 – Composição das Misturas dos Agregados

PENEIRAS		Brita-0 20,0%		Pó de Brita 79,0%		Cal 1,0%		MISTURA
POL	(mm)	% PASS	% MIST	% PASS	% MIST	% PASS	% MIST	% PASSANDO
2"	50,80	100,00	20,00	100,00	79,00	100,00	1,00	100,00
1.1/2"	38,10	100,00	20,00	100,00	79,00	100,00	1,00	100,00
1"	25,40	100,00	20,00	100,00	79,00	100,00	1,00	100,00
3/4	19,05	100,00	20,00	100,00	79,00	100,00	1,00	100,00
1/2	12,70	100,00	20,00	100,00	79,00	100,00	1,00	100,00
3/8	9,50	91,30	18,26	100,00	79,00	100,00	1,00	98,26
4	4,75	10,25	2,05	100,00	79,00	100,00	1,00	82,05
8	2,36	0,35	0,07	80,05	63,24	100,00	1,00	64,31
10	2,00	0,35	0,07	80,05	63,24	100,00	1,00	64,31
16	1,18	0,30	0,06	50,86	40,18	100,00	1,00	41,24
30	0,60	0,25	0,05	33,47	26,44	100,00	1,00	27,49
40	0,42	0,25	0,05	33,47	26,44	100,00	1,00	27,49
50	0,30	0,25	0,05	24,58	19,42	100,00	1,00	20,47
80	0,18	0,25	0,05	24,58	19,42	100,00	1,00	20,47
100	0,15	0,20	0,04	15,70	12,40	99,00	0,99	13,43
200	0,075	0,15	0,03	8,61	6,80	69,00	0,69	7,52

Fonte: Empresa de Engenharia responsável pela restauração.

Na representação do gráfico 2 da análise granulométrica e evidente a não conformidade da brita.

Gráfico 2 – Não Conformidade na Peneira 3/8



Fonte: Autor

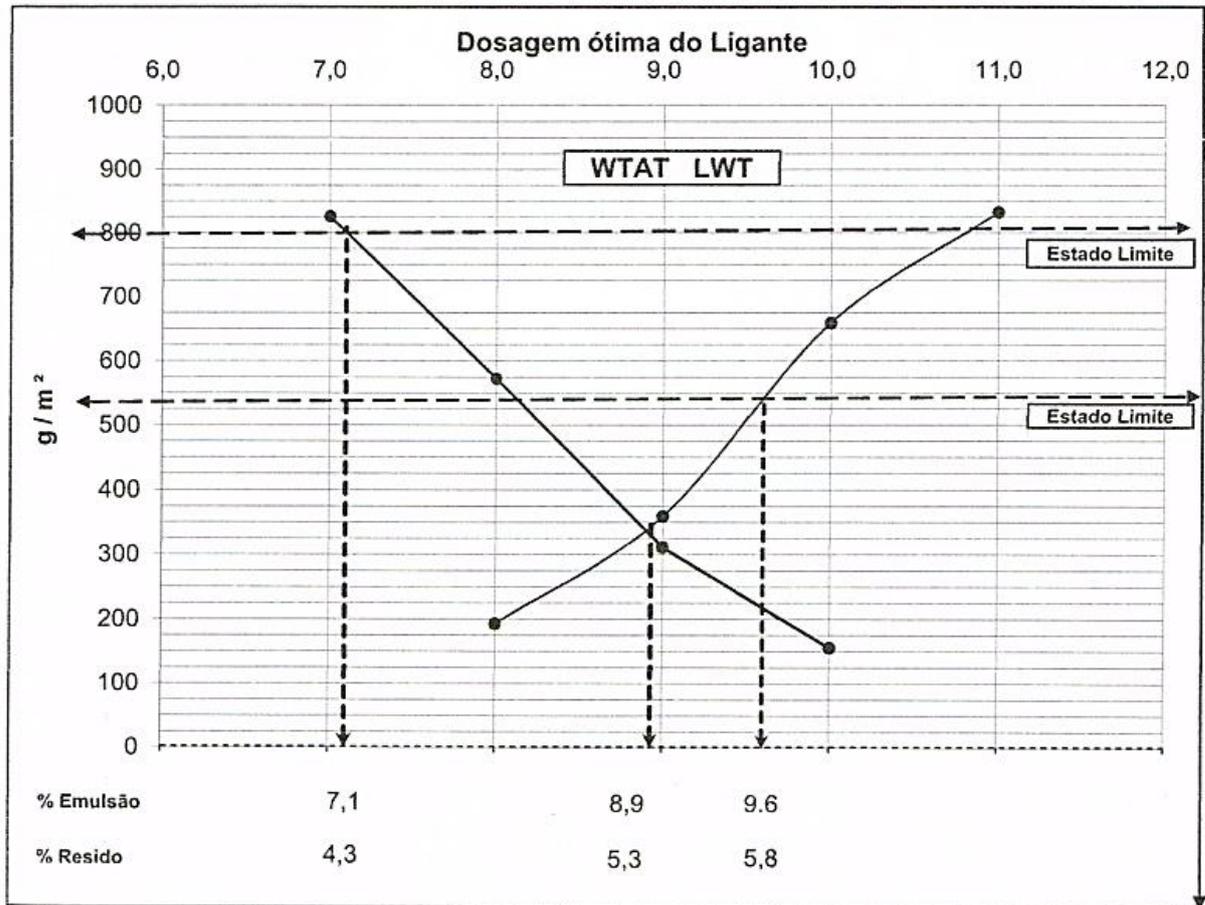
Realizados os ensaios de compatibilidade dos materiais na mistura e com seus valores limites, a empresa subempreitada definiu o teor de ligante residual de projeto combinado as curvas (gráfico 3) dos resultados correspondente de perda de abrasão úmida (WTAT) e do excesso de asfalto (LWT). Os resultados para modelagem do gráfico são expostos no quadro 11.

Quadro 11 – Resultados dos Ensaios WTAT - LWT

Ordem	Teor Emulsão %	Teor Água %	WTAT Max, 800 (g/m ²)	LWT Max, 538 (g/m ²)	Mistura Densidade (g/m ³)
01	7,0	11,0	826		1,67
02	8,0	9,0	572	193	
03	9,0	7,0	311	359	
04	10,0	5,0	156	659	
05	11,0	3,0		832	
		0,0			

Fonte: Centro-Oeste Asfaltos, empresa.

Gráfico 3 – Determinação do Teor de Ligante asfáltico de Projeto



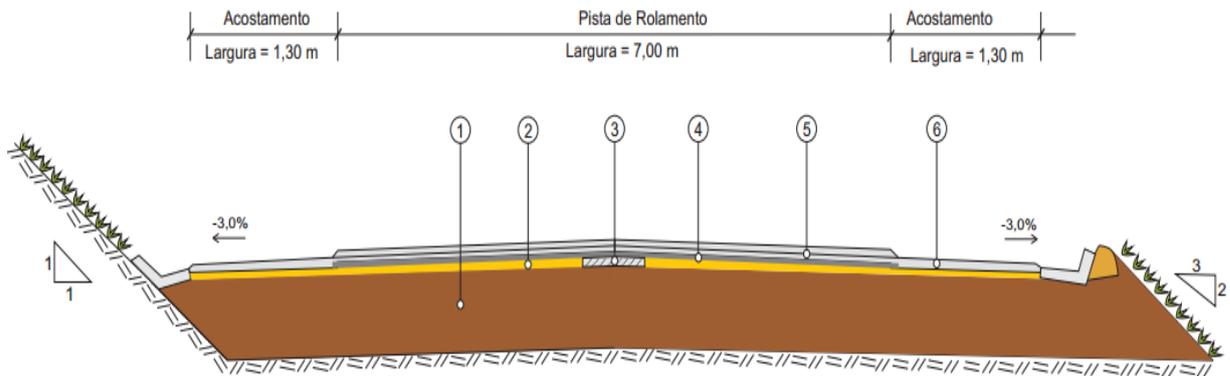
Fonte: Centro-Oeste Asfaltos, empresa.

É exemplificado no gráfico 3 que o teor de betume ótimo é de 8,9% com tolerância de $\pm 2\%$ baseado no peso seco dos agregados.

4.3.4. Aplicação do Micro revestimento

Conforme projeto disponibilizado pelo DERTINS, a solução indicada para o trecho da rodovia TO-050 que liga a capital do Tocantins ao município de Porto Nacional – TO, foi o reparo localizado seguido de camada de bloqueio e micro revestimento com 2 (duas) camadas. Para o acostamento foi indicado reparo localizado seguido de micro revestimento com 1 (uma) camada. Conforme o perfil transversal (figura 36) é demonstrado os procedimentos para aplicação do micro revestimento.

Figura 36 – Perfil Transversal



Fonte: (GOVERNO, 2012)

1. Estrutura existente
2. Pavimento existente
3. Reparo localizado (reparos profundo e reparos superficiais)
4. Camada de bloqueio com micro revestimento – e = 0,6 cm
5. Micro revestimento 2 camadas – e = 1,5 cm
6. Micro revestimento 1 camada – e = 0,8 cm

Os trabalhos de aplicabilidade do micro revestimento teve continuação em setembro de 2015 e finalizado em outubro do mesmo ano, totalizando 118.848,00 m² (cento e dezoito mil, oitocentos e quarenta e oito metros quadrados) de área aplicado na pista e acostamento.

Seu processo executivo era limitado a baixa velocidade, assim atendendo norma vigente, em condições normais a operação era bastante simplificada com produção entre 4.000 m² (quatro mil metros quadrados) a 7.000 m² (sete mil metros quadrados) por dia de serviço. Uma das maiores preocupações requeridas, era a observação da consistência da massa, abrindo ou fechando a alimentação d'água de modo a manter uma textura uniforme e a caixa uniformemente preenchida (figura 37 e 38).

Quando observado que houve falha no espalhamento ou regularização da junta construtiva devido a mudança de usina, era destinado um operador para efetuar regularização com auxílio de rodos e rastelos (figura 39).

Figura 37 – Lançamento do MRAF



Fonte: Autor, 2015

Figura 38 – Observação da consistência do MRAF



Fonte: Autor, 2015

Figura 39 – Conformação de falhas



Fonte: Autor, 2015

Como apresentado anteriormente para aceitação dos trabalhos de execução do micro revestimento, também houve cuidado com relação ao alinhamento da massa aplicada na pista, quanto no eixo e nos bordos da rodovia. (Figura 40)

Figura 40 – Alinhamento na execução do MRAF



Fonte: Autor, 2015

Para aplicação do MRAF no acostamento, foi preciso realizar uma regulagem na mesa para que a mesma pudesse atender a largura especificada em projeto. (Figura 41)

Figura 41 – Aplicação do MRAF no acostamento



Fonte: Autor, 2015

Mesmo após realizar todos os procedimentos conforme norma vigente, foi possível constatar que diversos procedimentos houve execuções de não conformidade. O que mais chamou atenção foi a utilização de uma solução para correção do excesso de material pulverulento na pista, a empresa utilizou-se de um caminhão pipa para efetuar a limpeza do pavimento na pista para aplicação do MRAF, no qual, essa solução não é incorreta, mas aplicação do micro na sequencia sem que haja um tempo necessário para que a pista esteja completamente seca, contradiz norma. (Figura 42)

Figura 42 – Desconformidade na execução do MRAF



Fonte: Autor, 2015

Durante a aplicação da primeira camada de micro revestimento com a camada de bloqueio, houve falhas de fechamento de pano sem que fosse realizado as correções no primeiro momento, comprometendo a espessura requerida em projeto na finalização dos procedimentos executivos (figura 43).

Figura 43 – Falha no fechamento da primeira camada do Micro



Fonte: Autor, 2015

Outra não conformidade observada, foi a falta dos devidos reparos nos acostamentos, onde o mesmo necessitava de uma recomposição estrutural para atender a largura exigida. Uma situação isolada foi a deficiência da limpeza no acostamento durante os trabalhos de aplicação do MRAF, onde na figura 44 é nítido a falta de regularização dos serviços citados, no entanto a aplicação do micro revestimento foram realizados pela empresa de engenharia.

Figura 44 – Falta de reparos nos acostamentos



Fonte: Autor, 2015

4.3.4.1. Cuidados com os agregados

Para se ter um controle sobre os agregados utilizados na execução do micro, havia sempre um profissional destinado para inspeção de possíveis contaminantes (argilas), mudança na composição mineral ou granulométrica dos agregados selecionados para o MRAF.

Um procedimento para reduzir possíveis variações de textura do MRAF e de dosagem da água de mistura durante sua execução, é a homogeneização da pilha com a pá carregadeira juntamente com lançamento de água para reduzir seu aquecimento em temperaturas elevadas. (Figura 45)

Durante o procedimento de carregamento da usina, o operador era instruído a cuidados com a raspagem da pá no solo.

Figura 45 – homogeneização da pilha



Fonte: Autor, 2015

4.4. Controle tecnológico do Micro revestimento

4.4.1. Granulometria e extração

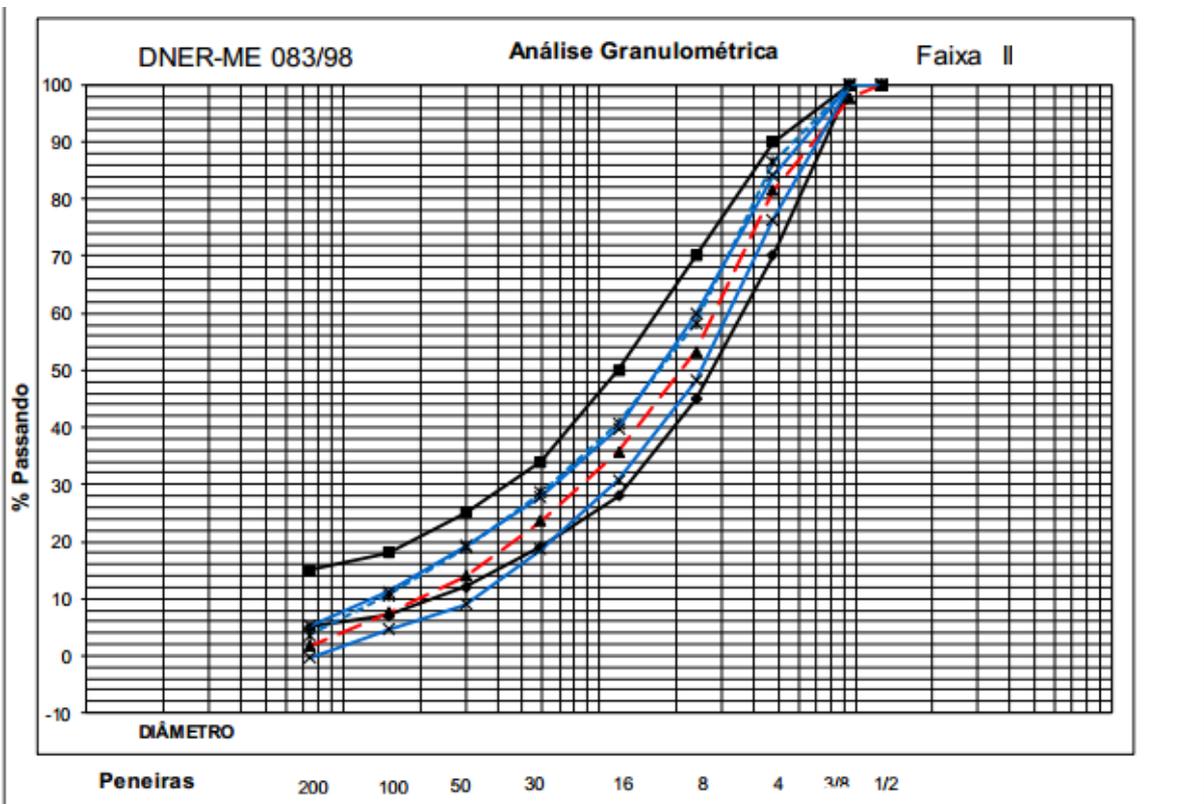
As verificações da dosagem eram realizadas a partir da execução de um segmento com amostras coletadas diretamente da caixa distribuidora, para identificar possíveis variações de materiais na execução.

Os resultados obtidos dos ensaios evidenciaram que houve diversos segmentos com excesso de betume e agregados que não se enquadravam na faixa de projeto.

No gráfico 4 apresenta um dos resultados onde houve discrepância de valores com modelo de dosagem do projeto. No anexo III podem ser analisados os demais resultados que podem ser contestados.

Gráfico 4 – Ensaio de Granulometria e Extração

Obra:				DNER-ES					
Rodovia:		TO - 050		389 / 99					
Trecho:		Palmas(Rotatoria Sul) / Porto Nacional(A)		Micro revestimento asfáltico					
Sub-trecho:				a frio com emulsão modificada					
Seguimento:		0		por polímero					
Equivalente de areia - DNER-ME054/94			Extração de betume - ASTM-D 2172						
> 60	Topo da argila h1			AMOSTRA + TARA+ AGUA	1198,6				
	Topo da areia h2			AMOSTRA + TARA gr.	1139,5				
	Equivalente de areia %			PESO DA AGUA gr.	59,1				
	Equivalente de areia % Médio			AGREGADOS + TARA	1112,2				
Data do ensaio:	30/09/2015			PESO DA EMULSÃO gr.	27,3				
Origem:				PESO DO AGREGADO gr.	414,4				
				TEOR DE BETUME (%)	10,99				
Amostra Sêca (gr.)		413,52		Estacas:	1772 LD a Acostamento				
Granulometria por Peneiramento - DNER-ME083/98					DNER-ES 389-99				
Peneiras mm.	pol.	Material Retido	Material Que passa	% Que passa Da amostra Total	Peneiras mm.	pol.	Resultado Total % Passando	Faixa II	
								Mínimo	Máximo
12,70	1/2	0,00	413,52	100,0	12,70	1/2	100,0	100	
9,52	3/8	9,53	403,99	97,7	9,52	3/8	97,7	100	
4,76	Nº 04	67,34	336,65	81,4	4,76	Nº 04	81,4	70	90
2,38	Nº 08	116,70	219,95	53,2	2,38	Nº 08	53,2	45	70
1,19	Nº 16	72,29	147,66	35,7	1,19	Nº 16	35,7	28	50
0,59	Nº 30	50,00	97,66	23,6	0,59	Nº 30	23,6	19	34
0,30	Nº 50	40,00	57,66	13,9	0,30	Nº 50	13,9	12	25
0,15	100	26,46	31,20	7,5	0,15	100	7,5	7	18
0,074	200	24,50	6,70	1,6	0,074	200	1,6	5	15
FUNDO		6,70	0,00	0,0					



Fonte: Autor

4.4.2. Equivalente de areia

Os resultados obtidos apresentaram valores satisfatórios (quadro 12), foi encontrado o equivalente de areia de 77,5%, superior, portanto recomendado pelo DNIT para misturas betuminosas. Dessa forma é possível identificar que, apesar de conter presença de argila/silte na sua constituição, a mistura mantém pequena a proporção de finos plásticos em razão da provável fragmentação das argamassas.

Assim, através da média dos resultados das amostras, pode-se perceber que não houve comprometimento na qualidade da massa do micro revestimento. Valores muito abaixo necessitam de maior volume de água na mistura e aumenta o consumo de ligante asfáltico, acarretando ruptura prematura da mistura, retração e possíveis fissuras sob cura.

Quadro 12 – Ensaio de equivalente de areia

Equivalente de areia - DNER-ME 054/94				
> 60	Topo da argila	h1	11,6	12,5
	Topo da areia	h2	10	8,6
	Equivalente de areia %		86,2	68,8
	Equivalente de areia % Médio		77,5	

Fonte: Autor

4.4.3. Determinação da adesividade

Conforme recomenda a norma *ABNT NBR 12583/1992*, foi coletado uma amostra do agregado graúdo juntamente com uma porção do ligante asfáltico para a realização do ensaio. Podemos afirmar que a adesividade apresentou resultados satisfatórios, onde pode ser visualizado na figura 46.

Figura 46 – Resultado da Adesividade

Fonte: Autor, 2015

4.4.4. Determinação do resíduo por evaporação

Conforme especificado na norma NBR 14896, a quantidade de resíduo presente na emulsão apresentou resultados na qual não atenderam valores mínimos.

O controle tecnológico é necessário para evitar que o polímero perda sua característica durante o processo de evaporação da água, preservando a qualidade do resíduo obtido para os ensaios necessário de viscosidade e recuperação elástica.

Os resultados estão apresentados no quadro 13, 14 e 15.

Quadro 13 – Ensaio do resíduo por evaporação n° 1

CONTROLE DE MATERIAL BETUMINOSO			
Rodovia: TO- 050			
Obra: R-01 Tercho - 05	Trecho: Palmas Rotatoria Sul - Porto Nacional (A)	Aplicação: Micro Revest.	
Fornecedor: Centro oeste Asfalto	Placa do Veiculo: AYM-5096	Data: 22/09/2015	
Material: RC-1C - E	Nota fiscal n°: 8254	Laboratorista	
RESIDUO		ESPECIFICAÇÃO	
Recipiente _Tara (P1)	<u>252,82</u> <u>252,82</u>		
Emulsão gr.	<u>100,59</u> <u>100,59</u>		
Tara + Emulsão (P2)	<u>353,41</u> <u>353,41</u>		Minimo
Tara + Residuo (P3)	<u>313,99</u> <u>313,99</u>		62, 0 %
Diferença	<u>39,42</u> <u>39,42</u>		
Residuo % = $\frac{P3 - P1}{(P2 - P1)} \%$	<u>60,81</u> <u>60,81</u>		
Média = %	60,81		

Fonte: Autor

Quadro 14 – Ensaio do resíduo por evaporação n° 2

CONTROLE DE MATERIAL BETUMINOSO			
Rodovia: TO- 050			
Obra: R 01 Trecho : 05	Trecho: Palmas Rotatoria sul - Porto Nacinal (A)	Aplicação: Micro Revest.	
Fornecedor: Centro oeste Asfalto	Placa do Veiculo: JMB-2562	Data: 06/10/2015	
Material: RC-1C E	Nota fiscal n°: 8328	Laboratorista	
RESIDUO		ESPECIFICAÇÃO	
Recipiente _Tara (P1)	<u>252,36</u> <u>252,36</u>		
Emulsão gr.	<u>101,34</u> <u>101,34</u>		
Tara + Emulsão (P2)	<u>353,70</u> <u>353,70</u>		Minimo
Tara + Residuo (P3)	<u>314,06</u> <u>314,06</u>		62, 0 %
Diferença	<u>39,64</u> <u>39,64</u>		
Residuo % = $\frac{P3 - P1}{(P2 - P1)} \%$	<u>60,88</u> <u>60,88</u>		
Média = %	60,88		

Fonte: Autor

Quadro 15 – Ensaio do resíduo por evaporação n° 3

CONTROLE DE MATERIAL BETUMINOSO			
Rodovia:	TO- 050		
Obra:	R 01 Trecho : 05	Trecho: Palmas Rotatoria sul - Porto Nacinal (A)	Aplicação: Micro Revest.
Fornecedor:	Centro Oeste Asfaltos	Placa do Veiculo: JMB-2562	Data: 06/10/2015
Material:	RC-1C E	Nota fiscal n°: 8328	Laboratorista:
RESIDUO		ESPECIFICAÇÃO	
Recipiente _Tara (P1)	249,27	249,27	Mínimo 62,0 %
Emulsão gr.	100,67	100,67	
Tara + Emulsão (P2)	349,94	349,94	
Tara + Residuo (P3)	309,69	309,69	
Diferença	40,25	40,25	
Residuo % = $\frac{P3 - P1}{(P2 - P1)} \%$	60,02	60,02	
	Média = %	60,02	

Fonte: Autor

4.4.5. Determinação da viscosidade Saybolt-Furol

O ensaio consistiu em determinar a fluidez da emulsão para aferir a sua capacidade de trabalhabilidade para a execução do micro revestimento.

Durante o acompanhamento da realização do ensaio, os resultados obtidos apresentaram resultados satisfatórios conforme limites da norma, ficando bem a baixo do tempo máximo para que a emulsão fosse transferida através de um orifício para outro recipiente. Os resultados estão apresentados nos quadros 16, 17 e 18.

Quadro 16 – Determinação da viscosidade Saybolt-Furol n° 1

CONTROLE DE MATERIAL BETUMINOSO			
Rodovia:	TO- 050		
Obra:	R-01 Tercho - 05	Trecho: Palmas Rotatoria Sul - Porto Nacional (A)	Aplicação: Micro Revest.
Fornecedor:	Centro oeste Asfalto	Placa do Veiculo: AYM-5096	Data: 22/09/2015
Material:	RC-1C - E	Nota fiscal n°: 8254	Laboratorista:
VISCOSIDADE SAYBOLT FUROL		ESPECIFICAÇÃO	
	TEMPO EM SEGUNDOS		Max. 90
Temperatura °C	25°		
1.ª Determinação:	26		
2.ª Determinação:	25		
Média:	25,5		

Fonte: Autor

Quadro 17 – Determinação da viscosidade Saybolt-Furol nº 2

CONTROLE DE MATERIAL BETUMINOSO		
Rodovia:	TO- 050	
Obra:	R 01 Trecho : 05	Trecho: Palmas Rotatoria sul - Porto Nacinal (A) Aplicação: Micro Revest.
Fornecedor:	Centro oeste Asfalto	Placa do Veiculo: JMB-2562 Data: 06/10/2015
Material:	RC-1C E	Nota fiscal nº: 8328 Laboratorista
VISCOSIDADE SAYBOLT FUROL		ESPECIFICAÇÃO
	TEMPO EM SEGUNDOS	
Temperatura °C	25°	Max. 90
1.ª Determinação:	22	
2.ª Determinação:	24	
Média:	23	

Fonte: Autor

Quadro 18 – Determinação da viscosidade Saybolt-Furol nº 3

CONTROLE DE MATERIAL BETUMINOSO		
Rodovia:	TO- 050	
Obra:	R 01 Trecho : 05	Trecho: Palmas Rotatoria sul - Porto Nacinal (A) Aplicação: Micro Revest.
Fornecedor:	Centro Oeste Asfaltos	Placa do Veiculo: JMB-2562 Data: 06/10/2015
Material:	RC-1C E	Nota fiscal nº: 8328 Laboratorista
VISCOSIDADE SAYBOLT FUROL		ESPECIFICAÇÃO
	TEMPO EM SEGUNDOS	
Temperatura °C	25°	Max. 90
1.ª Determinação:	21	
2.ª Determinação:	18	
Média:	19,5	

Fonte: Autor

4.4.6. Determinação da peneiração

O ensaio consiste na verificação a presença de glóbulos de asfalto de maior proporção. A presença excessiva de quantidade de partículas retida na peneira, representaria problemas durante aplicação do material.

Os resultados dos ensaios de peneiração não apresentaram valores que causassem danos ao desempenho do micro revestimento.

Nos quadros 19, 20 e 21 estão os resultados dos ensaios.

Quadro 19 – Determinação da peneiração n° 1

CONTROLE DE MATERIAL BETUMINOSO			
Rodovia: TO- 050			
Obra: R-01 Tercho - 05		Trecho: Palmas Rotatoria Sul - Porto Nacional (A)	Aplicação: Micro Revest.
Fornecedor: Centro oeste Asfalto		Placa do Veiculo: AYM-5096	Data: 22/09/2015
Material: RC-1C - E		Nota fiscal n°: 8254	Laboratorista
PENEIRAMENTO		ESPECIFICAÇÃO	
Peso da emulsão (P1)	100,36	100,36	Máximo 0,10%
Peso da peneira (P2)	285,64	285,64	
Material retido + peneira (P3)	285,76	285,76	
Betume = P3 - P2	0,12	0,12	
% Retida	0,12	0,12	
Média =	0,12		

Fonte: Autor

Quadro 20 – Determinação da peneiração n° 2

CONTROLE DE MATERIAL BETUMINOSO			
Rodovia: TO- 050			
Obra: R 01 Trecho : 05		Trecho: Palmas Rotatoria sul - Porto Nacinal (A)	Aplicação: Micro Revest.
Fornecedor: Centro oeste Asfalto		Placa do Veiculo: JMB-2562	Data: 06/10/2015
Material: RC-1C E		Nota fiscal n°: 8328	Laboratorista
PENEIRAMENTO		ESPECIFICAÇÃO	
Peso da emulsão (P1)	200,00	200,00	Máximo 0,10%
Peso da peneira (P2)	287,68	287,68	
Material retido + peneira (P3)	287,70	287,70	
Betume = P3 - P2	0,02	0,02	
% Retida	0,01	0,01	
Média =	0,01		

Fonte: Autor

Quadro 21 – Determinação da peneiração n° 3

CONTROLE DE MATERIAL BETUMINOSO			
Rodovia:	TO- 050		
Obra:	R 01 Trecho : 05	Trecho:	Palmas Rotatoria sul - Porto Nacional (A)
Fornecedor:	Centro Oeste Asfaltos	Placa do Veiculo:	JMB-2562
Material:	RC-1C E	Data:	06/10/2015
	Nota fiscal n°:	8328	
		Laboratorista	
PENEIRAMENTO			ESPECIFICAÇÃO
Peso da emulsão (P1)	200,21	200,21	Máximo 0,10%
Peso da peneira (P2)	285,77	285,77	
Material retido + peneira (P3)	285,79	285,79	
Betume = P3 - P2	0,02	0,02	
% Retida	0,01	0,01	
Média =	0,01		

Fonte: Autor

4.4.7. Recuperação elástica

O ensaio de recuperação elástica consiste em aferir a capacidade que material tem de retornar ao seu estado original, após ser aplicado um esforço de tração conforme figura 47. Outra identificação de forma indireta, e a presença de polímero elastomérico no ligante.

Figura 47 – Equipamento Ductilômetro



Fonte: Autor, 2015

Os resultados dos ensaios de recuperação elástica estão nos quadros 22, 23 e 24.

Quadro 22 – Resultados da recuperação elástica nº 1

ENSAIOS DE EMULSÃO ASFÁLTICA									
RODOVIA TO-050		TRECHO : PALMAS (ROTATÓRIA SUL) - PORTO NACIONAL				DATA : 22/09/2015			
INTERESSADA :									
MATERIAL :RC1C-E		N° FISCAL : 8254		DATA EMISSÃO		PLACA : AYM-5096			
QUANTIDADE :									
FICHA DE MATERIAL BETUMINOSO									
<i>Recuperação Elastica, 20cm, 25°C, %</i>		N° 1		ABNT NBR 15086	%	71	70	70,5%	MÍN 70%

Fonte: Autor

Quadro 23 - Resultados da recuperação elástica nº 2

ENSAIOS DE EMULSÃO ASFÁLTICA									
RODOVIA TO-050		TRECHO : PALMAS (ROTATÓRIA SUL) - PORTO NACIONAL				DATA : 06/10/2015			
INTERESSADA :									
MATERIAL :RC1C-E		N° FISCAL : 8328		DATA EMISSÃO		PLACA : JMB-2562			
QUANTIDADE :									
FICHA DE MATERIAL BETUMINOSO									
<i>Recuperação Elastica, 20cm, 25°C, %</i>		N° 2		ABNT NBR 15086	%	71	71	71,0%	MÍN 70%

Fonte: Autor

Quadro 24 - Resultados da recuperação elástica nº 3

ENSAIOS DE EMULSÃO ASFÁLTICA									
RODOVIA TO-050		TRECHO : PALMAS (ROTATÓRIA SUL) - PORTO NACIONAL				DATA : 13/10/2015			
INTERESSADA :									
MATERIAL : RC1C-E		Nº FISCAL : 8328		DATA EMISSÃO		PLACA : JMB-2562			
QUANTIDADE :									
FICHA DE MATERIAL BETUMINOSO									
Recuperação Elástica, 20cm, 25°C, %		Nº 3		ABNT NBR 15086	%	71	72	71,5%	MÍN 70%

Fonte: Autor

4.5. Estado de conservação pós recapeada (2ª visita)

O Segundo levantamento visual contínuo, foi realizado após um período de 7 (sete) meses de utilização logo após o término da obra de restauração, que foi concluído em setembro de 2015. Nesta etapa, foi possível verificar a condições de trafegabilidade do trecho em estudo.

Realizado o LVC foi possível determinar o novo valor do grau de severidade de das 12 (doze) seções analisadas, apresentadas no quadro 25.

Quadro 25 - Nível de severidade da TO-050 (km 48 à km 60)

Patologias	NÍVEL DE SEVERIDADE				TOTAL DE SEÇÕES COM DEFEITOS
	NÃO POSSUI DEFEITO	A	M	B	
P - Panelas	12				0
R - Remendo	10			2	2
TR - Trinca Isolada	12				0
TJ - Trinca Couro de Jacaré	9			3	3
TB - Trinca em Bloco	12				0
AF - Afundamento	10			2	2
O - Ondulações	12				0
E - Escorregamento do Revestimento Betuminoso	12				0
D - Desgaste do Pavimento	12				0
EX - Exsudação	9			3	3

A = NÍVEL DE SEVERIDADE ALTO; M = NÍVEL DE SEVERIDADE BAIXO; B = NÍVEL DE SEVERIDADE BAIXO.

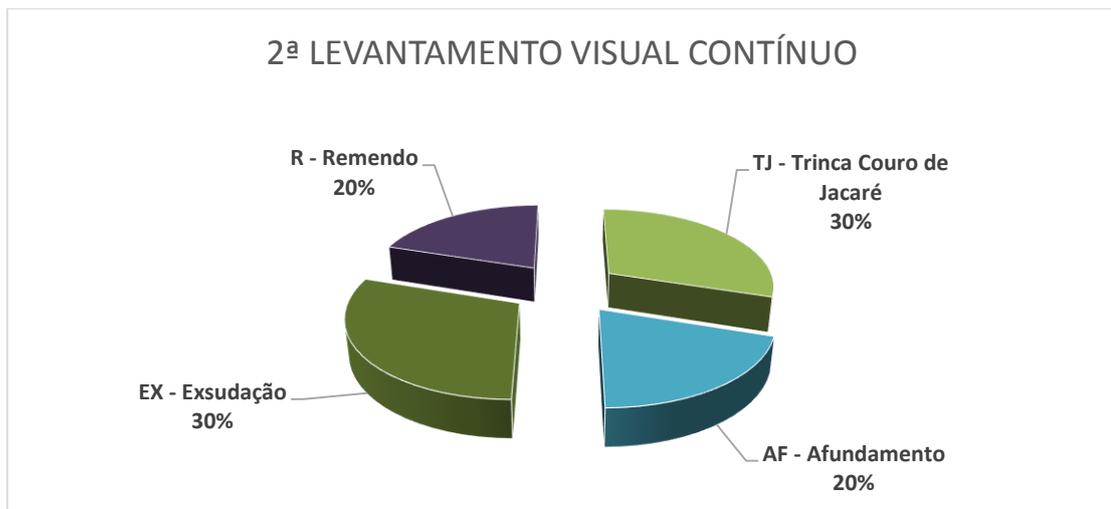
Fonte: Autor

Para realização da avaliação dos níveis de severidade do segundo levantamento, foi utilizado a mesma metodologia do primeiro levantamento, assim obedecendo os índices de porcentagem que são apresentados a seguir:

- A trinca tipo “couro de jacaré” juntamente com o defeito exsudação, foram as manifestações patológicas mais frequentes nas 3 das 12 seções analisadas, sendo que todas as 3 seções apresentaram nível de severidade baixo.
- Já os defeitos de remendos e afundamento foi o segundo mais frequentes, presente nas 2 das 12 seções analisadas, sendo que todas as manifestações com nível de severidade baixo.
- Com relação dos demais defeitos, não foram identificadas nenhuma manifestação.

O gráfico 5 apresenta a porcentagem global correspondente a cada manifestação identificadas durante a realização do segundo LVC, onde das patologias identificadas as trincas “Tipo Couro de Jacaré” e os defeitos de exsudação corresponderam trinta por cento (30%), totalizando 3 (três) defeitos cada uma. Já os defeitos de remendo e afundamento corresponderam a vinte por cento (20%), totalizando 2 (dois) defeitos cada uma.

Gráfico 5 - Porcentagem das manifestações patológicas



Fonte: Autor

No entanto, apesar das manifestações patologias identificadas no segundo levantamento os valores dados pela equipe durante a execução do LVC, para

identificar o índice de condições dos pavimentos flexíveis e semi-rígidos (ICPF) e do cálculo do índice de gravidade global expedito (IGGE) obtiverem valores satisfatórios, com conceitos ótimo do IES onde podem ser observados no quadro 26.

Quadro 26 - Quadro de resumos 2ª levantamento

Nº DO SEG	SEGMENTO			RESULTADOS					ESTRATÉGICA
				ICPF	IGGE	IES			
	Km início	Km fim	Extensão			Valor	Cód.	Conceito	
1	48,1	49,1	1 Km	4,5	2,09	0	A	ÓTIMO	Conservação Rotineira
2	49,1	50,1	1 Km	4,6	0,42	0	A	ÓTIMO	Conservação Rotineira
3	50,1	51,1	1 Km	4	5,47	0	A	ÓTIMO	Conservação Rotineira
4	51,1	52,1	1 Km	5	0,00	0	A	ÓTIMO	Conservação Rotineira
5	52,1	53,1	1 Km	4,4	1,77	0	A	ÓTIMO	Conservação Rotineira
6	53,1	54,1	1 Km	4,2	1,38	0	A	ÓTIMO	Conservação Rotineira
7	54,1	55,1	1 Km	5	0,00	0	A	ÓTIMO	Conservação Rotineira
8	55,1	56,1	1 Km	5	0,00	0	A	ÓTIMO	Conservação Rotineira
9	56,1	57,1	1 Km	5	0,00	0	A	ÓTIMO	Conservação Rotineira
10	57,1	58,1	1 Km	5	0,00	0	A	ÓTIMO	Conservação Rotineira
11	58,1	59,1	1 Km	4,7	1,26	0	A	ÓTIMO	Conservação Rotineira
12	59,1	60,1	1 Km	5	0,00	0	A	ÓTIMO	Conservação Rotineira
VALOR GLOBAL - IES				4,7	1,03	0	A	ÓTIMO	Conservação Rotineira

Fonte: Autor

Os formulários utilizados para o 2ª (segundo) levantamento visual contínuo (LVC), assim como os valores de avaliação do ICPF e os cálculos do IGGE, se encontra em Anexo IV e V para maior compreensão dos dados.

4.5.1. Problemas identificados no 2ª levantamento

Durante a execução do levantamento visual contínuo foi observado que em alguns seguimentos já apresentavam manifestações patológicas, devido à falta dos devidos reparos, onde estes defeitos já começaram a interferir na segurança dos usuários.

Contudo os defeitos mais observados no segundo levantamento ainda foram as trincas “tipo couro de jacaré”, as mais presentes no primeiro levantamento. Os defeitos de trinca “tipo couro de jacaré” só foi possível realizar a sua identificação, devido os finos carreados pela pressão hidrostática aplicado pela passagem dos

veículos para a superfície do pavimento, assim, confirmando que mesmo seguindo todos os critérios de boas práticas de execução do micro revestimento, tal solução não foi capaz de sanar as trincas. (Figura 48)

Figura 48 – Trincas “tipo couro de jacaré” sobre o novo revestimento



Fonte: Autor, 2016

Foram observadas que a empresa de engenharia com pouco mais de 7 (sete) meses da finalização da obra de restauração, já precisou intervir no trecho com reparos superficiais, indicando que não se atendeu rigorosamente todos os requisitos da norma DNIT 035/2005-ES, reduzindo drasticamente o desempenho esperado do micro revestimento. Os reparos realizados durante o período de utilização podem ser observados na figura 49.

Figura 49 – Reparos realizado no novo revestimento



Fonte: Autor, 2016

Outro defeito na qual apresenta um risco maior na trafegabilidade, foram os afundamentos de trilha de roda devido ao excesso de carga dos veículos. Os riscos oferecidos por estes defeitos são a perda do controle do veículo no momento da ultrapassagem e do acúmulo de água nas trilhas de rodas. (Figura 50)

Figura 50 – Afundamento por consolidação em trilha de roda



Fonte: Autor, 2016

Os defeitos pertinentes as exsudações foram observadas que elas manifestaram em pontos que aconteciam a mudança de usina, por apresentar alinhamento na transversal no início do espelhamento no pavimento. Os defeitos podem ser analisados na figura 51.

Figura 51 – Exsudação do betume



Fonte: Autor, 2016

Durante a aplicação do micro revestimento foi citado no capítulo 4.3.4, que a empresa de engenharia não utilizou dos métodos compatíveis com a norma ou devido a falta dos cuidados peculiares na preparação da superfície do pavimento, na qual foram identificados defeitos pertinentes a má execução do micro revestimento.

Na figura 52, estar apresentada os problemas em virtude da má execução da limpeza da superfície, prejudicando a ligação da massa do micro revestimento com pavimento.

Figura 52 – Falta de ligação com o pavimento antigo



Fonte: Autor, 2016

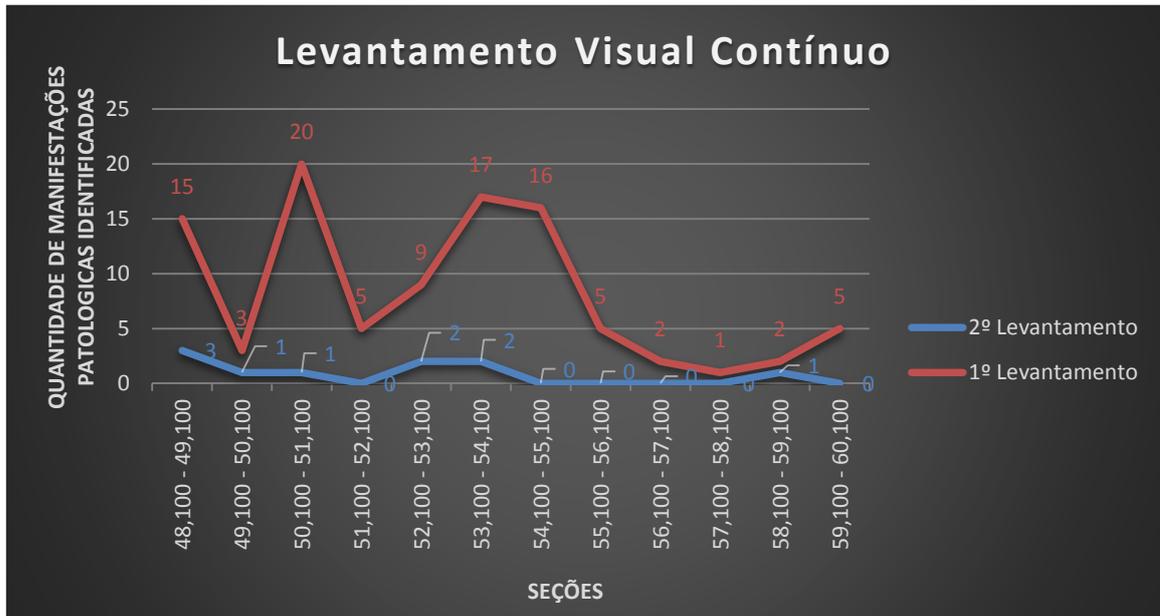
4.6. Síntese dos dados

Por meio do comparativo dos dados obtidos no primeiro com o segundo levantamento visual contínuo, foi possível determinar que após um período de utilização do trecho da TO-050 com o micro revestimento, os valores do ICPF e do IGGE tiveram uma redução considerável em seus valores.

O resultado do segundo levantamento apresentou uma redução considerável em relação ao primeiro levantamento das manifestações patológicas do trecho em estudo, com redução aproximadamente de 90% observadas no gráfico 6.

Com isso é possível perceber também que o 2ª (segundo) levantamento apresentou uma tendência em relação aos pontos críticos encontrados na 1ª (primeiro) levantamento, facilmente visualizado no eixo vertical que corresponde a quantidade de manifestações patológicas em cada seção.

Gráfico 6 – Comparativo das manifestações patológicas



Fonte: Autor

Os valores do IGGE seguiram as mesmas tendências em relação aos resultados apresentados no gráfico 6, sendo assim, os pesos dos defeitos e as frequências das mesmas apresentarem resultados de cálculos significativos, em relação ao resultado do primeiro levantamento.

Sendo assim, observa-se por meio do gráfico 7 que os valores de cálculos apresentaram uma evolução em relação ao levantamento anterior, com valores inferiores ao 2ª (segundo) levantamento.

Gráfico 7 – Variação de valores do IGGE

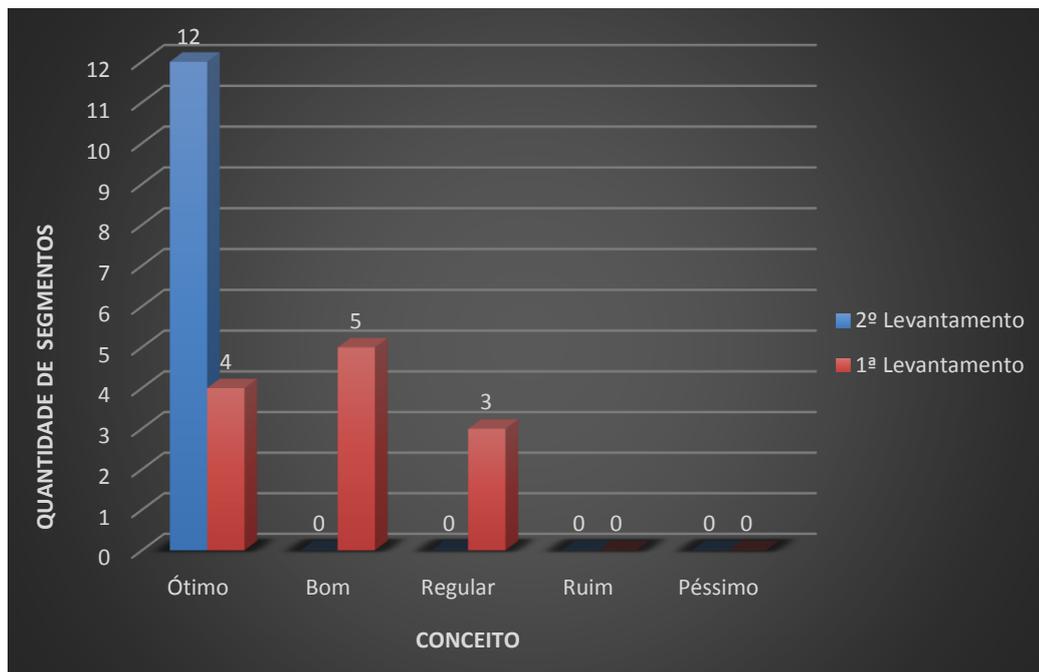


Fonte: Autor

Ao término das obras de restauração do trecho em estudo, o pavimento visualmente recuperou sua capacidade de desempenho inicial estabelecido pelo projeto de restauração.

O gráfico 8, apresenta o ganho do índice do estado do pavimento em relação ao primeiro levantamento, no qual das 12 seções analisadas todas atingiram conceito ótimo.

Gráfico 8 – Índice do estado da superfície do pavimento (IES)



Fonte: Autor

5. CONCLUSÃO E SUGESTÃO DE TRABALHO FUTUROS

As obras de restauração de uma rodovia são bastante amplas e possui elevado grau de complexidade, pois tais métodos de restauração necessitam de conhecimentos técnicos e construtivo para atender exigências das suas respectivas normativas, o processo sendo realizado dentro de seus parâmetros resultam na reabilitação da vida útil de projeto, proporcionando condições de conforto e segurança aos usuários.

Com base em materiais de apoio fornecidos pelo Departamento de Estradas de Rodagens do Estado do Tocantins (DERTINS), e da análise dos seus dados, constatou-se que a rodovia TO-050 teve inicialmente seu projeto elaborado em 1990 na qual já se atendeu a vida útil de projeto (10 anos), atualmente com 26 anos de uso, e com a implantação de novos polos industriais nas margens da rodovia, o pavimento vem se desgastando expressivamente, por não suportar o aumento do Volume Médio Diário (VMD).

Como já mencionado anteriormente os resultados dos índices de estado da superfície do pavimento indicavam que a solução para o trecho seria a lama asfáltica, mas por motivo de serventia se utilizou do micro revestimento asfáltico modificada por polímero. A motivação da escolha do micro revestimento foi devido a aplicabilidade de materiais mais duráveis, tendo controles tecnológicos mais rigorosos em relação a lama asfáltica onde seu controle e realizado de forma menos nobre.

Levando em consideração a etapa de preparação da superfície do pavimento, todos os procedimentos atenderam os critérios de aceitação exigidos pela norma, assim, foi possível analisar em um segundo momento que tal etapa foi insuficiente em alguns trechos na rodovia, com aparição de defeitos de trincas “tipo couro de jacaré”, o que relaciona que, o problema já se apresentava em nível estrutural.

Durante o processo executivo do micro revestimento era preciso seguir critérios de aplicação da massa. A realização da aplicação do micro revestimento necessitava-se que o substrato, no caso o pavimento, isentava-se de material pulverulento e principalmente de umidade, ou seja, presença de água. Assim, foi possível perceber que a equipe responsável pela limpeza se utilizava do jateamento de água diretamente no pavimento, minutos antes da realização do processo de

recapeamento, ao contrário do que a norma recomenda (restringir os serviços totais da execução dos serviços nestas condições).

Em virtude dos resultados pertinentes aos controles tecnológicos do betume, certos ensaios mencionados no capítulo 4.4, apresentaram discrepância dos limites mínimos aceitáveis. Os ensaios realizados para controle da taxa de betume na usina e a análise granulométrica dos agregados, resultaram na manifestação de exsudações de vários segmentos na rodovia, influenciada pela falta de finos e excesso de material grosso. Problemas apresentavam um aspecto de desgaste do pavimento recém restaurado o que propiciava para a falta de aderência do contato pneu-pavimento.

Tendo em vista os aspectos observados durante todo o processo de restauração do trecho em estudo, o desempenho do micro revestimento poderá não atingir o desempenho esperado em projeto, pois com 7 (sete) meses de utilização já foi possível identificar e constatar que vários seguimentos da rodovia já necessitam de mais intervenções. Há um conjunto de fatores que propiciam para o aumento de mais problemas tanto na reparação, execução como no controle tecnológicos de todos os serviços executados.

Portanto, é possível concluir que com todos os dados levantados e ensaios realizados indicaram como solução ideal a utilização do micro revestimento, mas consideravelmente o seu desempenho foi prejudicado conforme foi exposto neste trabalho. Por todos esses aspectos, verificou-se erros na concepção do próprio projeto, em que o aumento do VMD não foi previsto situações atípicas, como citadas anteriormente (a instalação do polo industrial de Porto Nacional), ou até mesmo a limitação de carga a 30 (trinta) toneladas na principal ponte da região que liga a rodovia federal BR-153, tornando rota alternativa de desvio a TO-050.

Para sugestão de trabalhos futuros, poderia dessa forma, indicar um dimensionamento do corpo estradal realizando nova contagem do VMD da rodovia, assim podendo fazer um comparativo de custos de operação, manutenção e utilização com um novo método de recapeamento ou do próprio pavimento (estabilização granulométrica de base cimento).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 12583. **Agregado graúdo - Verificação da adesividade a ligante betuminoso - Método de ensaio.** [S.l.]: [s.n.], 1992.

ABNT NBR 14393. **Emulsões asfálticas — Determinação da peneiração.** [S.l.]: [s.n.], 2012.

ABNT NBR 14491. **Emulsões asfálticas - Determinação da viscosidade Saybolt Furol.** [S.l.]: [s.n.], 2007.

ABNT NBR 14798. **Microrrevestimento asfáltico - Determinação da coesão e características da cura pelo coesímetro.** [S.l.]: [s.n.], 2002.

ABNT NBR 14841. **Microrrevestimento a frio - Determinação de excesso de asfalto de adesão de areia pela máquina LWT.** [S.l.]: [s.n.], 2015.

ABNT NBR 14896. **Emulsões asfálticas modificadas com polímero — Determinação do resíduo seco por evaporação.** [S.l.]: [s.n.], 2012.

ABNT NBR 15086. **Materiais betuminosos - Determinação da recuperação elástica pelo ductilômetro.** [S.l.]: [s.n.], 2006.

BALBO, J. T. **Pavimentação Asfáltica: Materias, Projeto e Restauração.** São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BERNUCCI, L. B. et al. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros.** Rio de Janeiro: ABEDA, 2008.

CÂMARA LEGISLATIVA. Radio Câmara. <http://www2.camara.leg.br/>, 2015.

CASTRO, P. C. G. D. **Conservação de Pavimento.** [S.l.]: [s.n.], 2009.

CERRATTI, J. A. P.; REIS, R. M. M. D. **Manual de Microrrevestimento Asfáltico a Frio - MRAF.** São Paulo, Rio de Janeiro: Instituto Pavimentar, 2011.

CNT. **Pesquisa CNT de Rodovias. p.390. SEST SENAT.** Brasília: [s.n.], 2013.

CNT. **Pesquisa CNT de Rodovias 2014.** Brasília, p. 391. 2014.

DNER - ME 053. **Misturas betuminosas - percentagem de betume.** Rio de Janeiro: [s.n.], 1994.

DNER-ME 054. **Equivalente de areia.** Rio de Janeiro: [s.n.], 1997.

DNER-ME 083. **Agregados - Análise Granulométrica.** Rio de Janeiro: [s.n.], 1998.

DNIT 005 - TER. **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos: Terminologia.** Rio de Janeiro: [s.n.], 2003.

DNIT 008 - PRO. **Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos.** [S.l.]: [s.n.], 2003.

DNIT 035-ES. **Micro revestimento asfáltico a frio com emulsão modificada por polímero - Especificação de serviço**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2005.

DNIT IPR - 710. **Manual de Conservação Rodoviária**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 2005. 564 p.

DNIT IPR - 720. **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 2005. 310 p.

DYNAPAC. Catálogo técnico. Brasil. **Dynapac**, 2006. Disponível em: <www.dynapac.com>. Acesso em: 13 outubro 2015.

GOOGLE, M. <https://www.google.com.br/maps>. **Google Maps**, 2015. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-10.604868,-48.3738604,3a,75y,190.77h,81.37t/data=!3m6!1e1!3m4!1sxOFH9mC2xLIBJS588yNv7w!2e0!7i13312!8i6656>>. Acesso em: 19 Fevereiro 2016.

GOVERNO, E. D. T. **Projeto Final de Engenharia Rodoviária para reabilitação de Pavimentos de Rodovias do Programa CREMA -TO**. Porto Nacional: [s.n.], 2012.

PDRIS. **Manual Técnico de Procedimentos do CREMA-TO**. Palmas, p. 54. 2013. (4).

SENÇO, W. D. Manual de técnicas de pavimentação. São Paulo: Pini, v. I, 1997.

SENÇO, W. D. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. São Paulo: Pini, v. II, 2001.

SILVA, P. F. A. **MANUAL DE PATOLOGIAS E MANUTENÇÕES DE PAVIMENTOS**. São Paulo: Pini, 2005.

Anexos I – A

Formulário para o levantamento visual contínuo

MT															Folha		
DNIT															01		
															de		
															02		
Código PNV	Ext. PNV _____ Ext. EXEC 12 km UNIT _____ Nº PISTA/LADO LD/LE _____ MÊS/ANO JUNHO/2015																
Trecho do PNV	Largura da Pista: 7,00 m																
	Largura do Acostamento: 1,30 m																
	Início PALMAS (Rotatória Sul) MR Nº km 48																
	Fim PORTO NACIONAL VMD _____ MR Nº km 60																
SEGMENTO			FREQUENCIA DE DEFEITOS (A,M,B OU S)											INF. COMPLEMENTARES		OBSERVAÇÕES	
Nº DO SEG	KM		Ext	F A I X A	TRINCAS			DEFORMAÇÕES		OUTROS DEFEITOS			VER	ESP	IDADE		
	INÍCIO	FIM			TR	TJ	TB	AF	O	D	EX	E			ORIG		REST
1	48,100	49,100	1	D	X		X										
				E	X		X										
	48,100	49,100	1	D			X								X		
				E					X								
	48,100	49,100	1	D	X		X										
				E					X								
2	49,100	50,100	1	D			X							X			
				E										X			
3	50,100	51,100	1	D			X		X	X							
				E			X		X	X							
	50,100	51,100	1	D			X		X								
				E			X		X								
	50,100	51,100	1	D		X			X			X	X				
			E	X				X			X	X					
4	51,100	52,100	1	D			X										
				E			X		X								
5	52,100	53,100	1	D			X										
				E			X		X								
	52,100	53,100	1	D			X			X							
				E			X										
	52,100	53,100	1	D			X										
			E					X									

Anexos I – B

Formulário para o levantamento visual contínuo

MT													Folha <u>02</u> de <u>02</u>					
DNIT																		
Código PNV	Ext. PNV _____ Ext. EXEC <u>12 km</u> UNIT _____ N° PISTA/LADO <u>LD/LE</u> MÊS/ANO <u>JUNHO/2015</u>			Largura da Pista: <u>7,00 m</u>						Largura do Acostamento: <u>1,30 m</u>								
Trecho do PNV	TO - 050			Início <u>PALMAS (Rotatória Sul)</u>						MR N° <u>km 48</u>								
	Fim <u>PORTO NACIONAL</u>			VMD _____						MR N° <u>km 60</u>								
SEGMENTO			FREQUENCIA DE DEFEITOS (A,M,B OU S)										INF. COMPLEMENTARES		OBSERVAÇÕES			
N° DO SEG	KM		Ext	F A I X A	TRINCAS			DEFORMAÇÕES		OUTROS DEFEITOS			I C P F	VER		ESP	IDADE	
	INÍCIO	FIM			TR	TJ	TB	AF	O	D	EX	E					ORIG	REST
6	53,100	54,100	1	D E				X X										
	53,100	54,100	1	D E	X				X									
	53,100	54,100	1	D E	X X		X											
	53,100	54,100	1	D E		X		X	X			X						
	53,100	54,100	1	D E		x												
	53,100	54,100	1	D E					x	x								
7	54,100	55,100	1	D E					x		X	X						
	54,100	55,100	1	D E		X		X				x						
	54,100	55,100	1	D E					x			x						
	54,100	55,100	1	D E					x			x	x					
	54,100	55,100	1	D E					x			x	x					
8	55,100	56,100	1	D E	x	X			X x				x					
	55,100	56,100	1	D E														
9	56,100	57,100	1	D E	x	x												
10	57,100	58,100	1	D E		X												
11	58,100	59,100	1	D E	x		x											
12	59,100	60,100	1	D E			X x		x x									

Média do ICPF = 3,50

Anexos II

Cálculo do IGGE

MT	PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E SEMI-RÍGIDOS										Folha	
DNIT	IGGE - ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL EXPEDITO										01	
	(CÁLCULO)										de	
											01	
Código PNV	Ext. PNV _____		Ext. EXEC 12 km		UNIT _____		N° PISTA/LADO _____		LD/LE _____		MÊS/ANO JUNHO/2015	
Trecho do PNV	TO - 050						Largura da Pista: 7,00 m					
	Início PALMAS (Rotatória Sul)										MR N° km 48	
	Fim PORTO NACIONAL						Largura do Acostamento: 1,30 m				MR N° km 60	
					VMD _____							

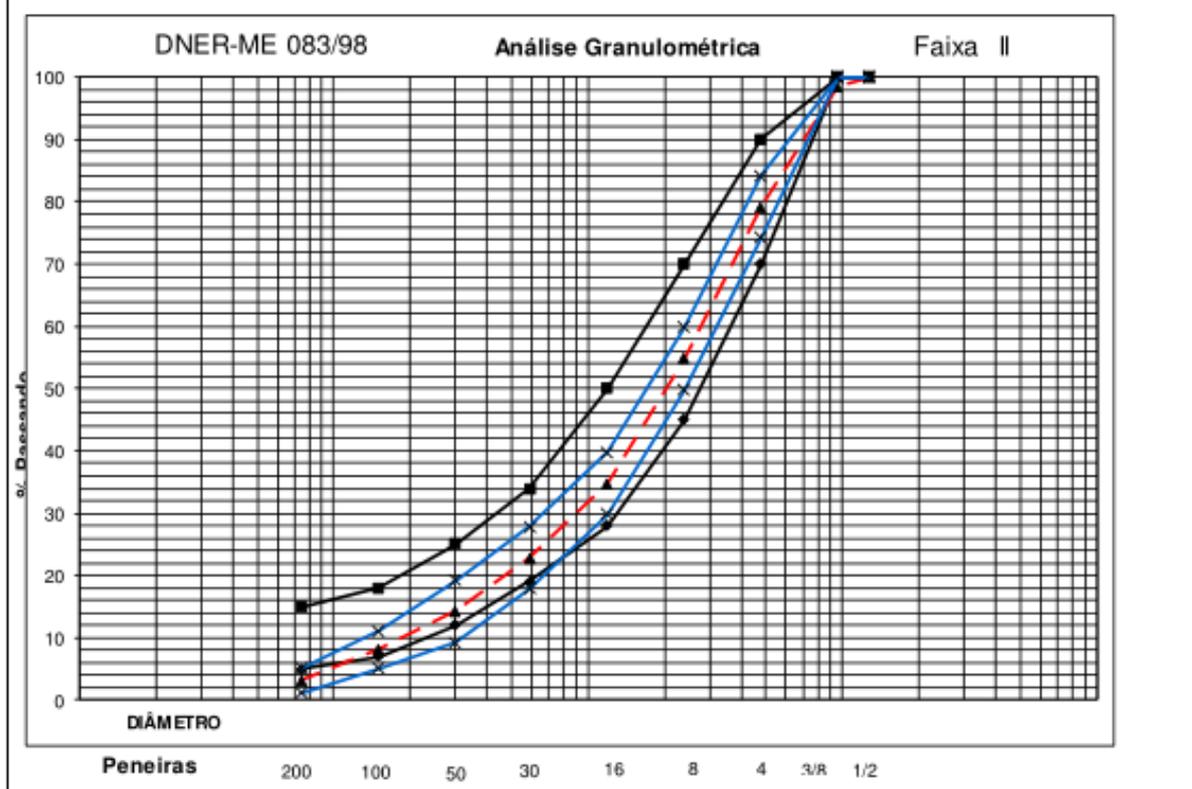
Nº do seg	SEGMENTO			TRINCAS			DEFORMAÇÕES			PANELA + REMENDO			(Ft x Pt) + (Foap x Poap) + (Fpr x Ppr) = IGGE
	Km Início	Km Fim	Extensão	Ft %	Pt	Ft x Pt	Foap %	Poap	Foap x Poap	Fpr nº	Ppr	Fpr x Ppr	
1	48,1	49,1	1	20,00	0,45	9	6,67	0,6	4,00	7	1	7	20,00
2	49,1	50,1	1	2,9	0,3	0,8571	5,13	1	5,13	0	0,7	0	5,99
3	50,1	51,1	1	20	0,45	9	23,077	0,7	16,15	4	0,8	3,2	28,35
4	51,1	52,1	1	8,571	0,3	2,5713	2,564	0,6	1,54	1	0,7	0,7	4,81
5	52,1	53,1	1	17,143	0,45	7,7144	2,564	0,6	1,54	2	0,7	1,4	10,65
6	53,1	54,1	1	11,429	0,45	5,1431	15,385	0,7	10,77	7	1	7	22,91
7	54,1	55,1	1	2,857	0,3	0,8571	35,897	0,7	25,13	1	0,7	0,7	26,69
8	55,1	56,1	1	2,857	0,3	0,8571	7,692	0,6	4,62	1	0,7	0,7	6,17
9	56,1	57,1	1	2,857	0,3	0,8571	0	0,6	0,00	1	0,7	0,7	1,56
10	57,1	58,1	1	2,857	0,3	0,8571	0	0,6	0,00	0	0,7	0	0,86
11	58,1	59,1	1	2,857	0,3	0,8571	0	0,6	0,00	1	0,7	0,7	1,56
12	59,1	60,1	1	5,714	0,3	1,7142	5,128	0,6	3,08	1	0,7	0,7	5,49
												IGGE	11,25

Anexos III – A

Obra:		DNER-ES
Rodovia:	TO - 050	389 / 99
Trecho:	Palmas(Rotatoria Sul) / Porto Nacional(A)	Micro revestimento asfáltico
Sub-trecho:		a frio com emulsão modificada
Seguimento:	0	por polímero

Equivalente de areia - DNER-ME054/94		Extração de betume - ASTM-D 2172		
> 60	Topo da argila h1		AMOSTRA + TARA+ AGUA	1143,0
	Topo da areia h2		AMOSTRA + TARA gr.	1106,1
	Equivalente de areia %		PESO DA AGUA gr.	37,0
	Equivalente de areia % Médio		AGREGADOS + TARA	1083,4
Data do ensaio:	30/09/2015		PESO DA EMULSÃO gr.	22,7
Origem:			PESO DO AGREGADO gr.	381,0
Laboratorista responsável:			TEOR DE BETUME (%)	9,77
Amostra Sêca (gr.)	380,05	Estacas:	1950 LD	a Acostamento

Granulometria por Peneiramento - DNER-ME083/98					DNER-ES 389-99				
Peneiras mm.	pol.	Material Retido	Material Que passa	% Que passa Da amostra Total	Peneiras mm.	pol.	Resultado Total % Passando	Faixa II	
								Mínimo	Máximo
12,70	1/2	0,00	380,05	100,0	12,70	1/2	100,0	100	
9,52	3/8	5,68	374,37	98,5	9,52	3/8	98,5	100	
4,76	Nº 04	73,47	300,90	79,2	4,76	Nº 04	79,2	70	90
2,38	Nº 08	92,62	208,28	54,8	2,38	Nº 08	54,8	45	70
1,19	Nº 16	76,00	132,28	34,8	1,19	Nº 16	34,8	28	50
0,59	Nº 30	45,60	86,68	22,8	0,59	Nº 30	22,8	19	34
0,30	Nº 50	32,64	54,04	14,2	0,30	Nº 50	14,2	12	25
0,15	100	23,14	30,90	8,1	0,15	100	8,1	7	18
0,074	200	18,90	12,00	3,2	0,074	200	3,2	5	15
FUNDO		12,00	0,00	0,0					

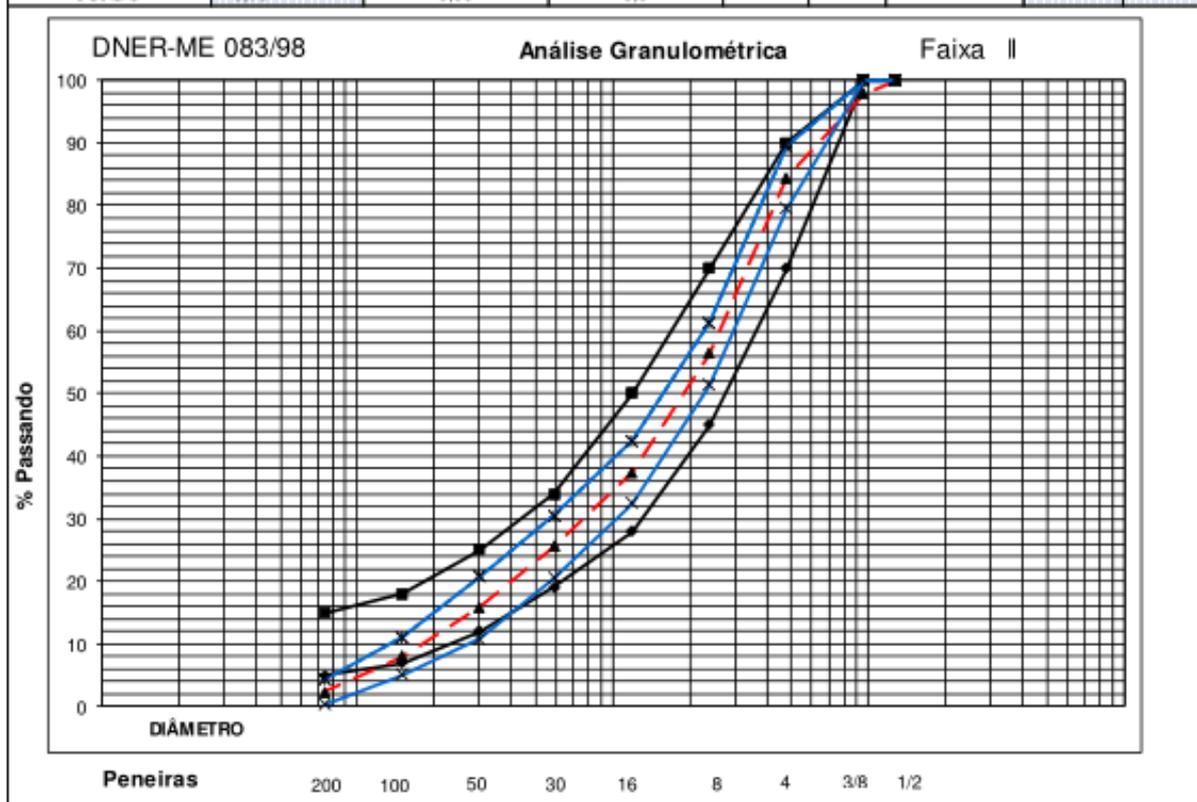


Anexos III – B

Obra:		DNER-ES
Rodovia:	TO - 050	389 / 99
Trecho:	Palmas(Rotatoria Sul) / Porto Nacional(A)	Micro revestimento asfáltico
Sub-trecho:		a frio com emulsão modificada
Seguimento:		por polímero

Equivalente de areia - DNER-ME054/94		Extração de betume - ASTM-D 2172		
> 60	Topo da argila h1		AMOSTRA + TARA+ AGUA	1032,5
	Topo da areia h2		AMOSTRA + TARA gr.	1005,9
	Equivalente de areia %		PESO DA AGUA gr.	26,6
	Equivalente de areia % Médio		AGREGADOS + TARA	986,4
Data do ensaio:	30/09/2015		PESO DA EMULSÃO gr.	19,6
Origem:			PESO DO AGREGADO gr.	294,2
Laboratorista responsável:			TOR DE BETUME (%)	11,07
Amostra Sêca (gr.)	293,74	Estacas:	1775 LD	a Acostamento:

Granulometria por Peneiramento - DNER-ME083/98					DNER-ES 389-99				
Peneiras mm.	pol.	Material Retido	Material Que passa	% Que passa Da amostra Total	Peneiras mm.	pol.	Resultado Total % Passando	Faixa II	
								Mínimo	Máximo
12,70	1/2	0,00	293,74	100,0	12,70	1/2	100,0	100	
9,52	3/8	6,32	287,42	97,8	9,52	3/8	97,8	100	
4,76	Nº 04	39,31	248,11	84,5	4,76	Nº 04	84,5	70	90
2,38	Nº 08	82,60	165,51	56,3	2,38	Nº 08	56,3	45	70
1,19	Nº 16	55,60	109,91	37,4	1,19	Nº 16	37,4	28	50
0,59	Nº 30	34,90	75,01	25,5	0,59	Nº 30	25,5	19	34
0,30	Nº 50	28,55	46,46	15,8	0,30	Nº 50	15,8	12	25
0,15	100	22,76	23,70	8,1	0,15	100	8,1	7	18
0,074	200	17,00	6,70	2,3	0,074	200	2,3	5	15
FUNDO		6,70	0,00	0,0					

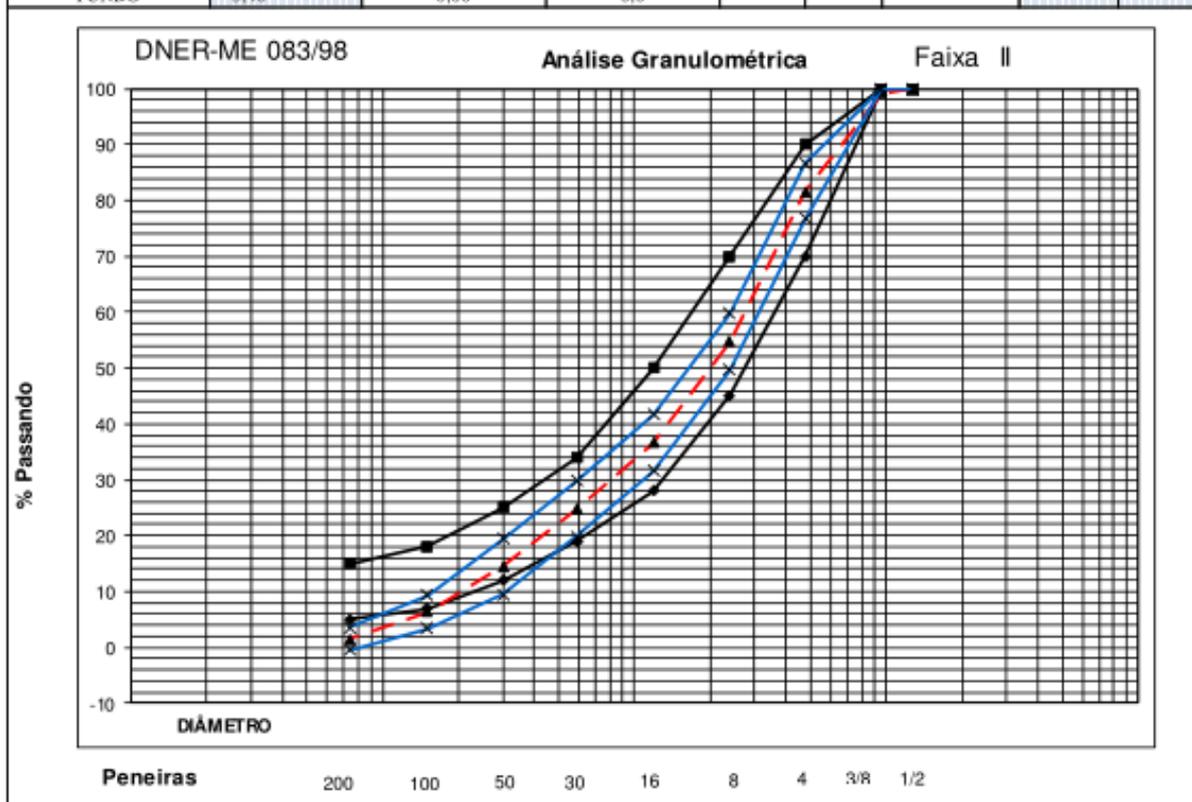


Anexos III – C

Obra:		DNER-ES
Rodovia:	TO - 050	389 / 99
Trecho:	Palmas (Rotatoria Sul) / Porto Nacional (A)	Micro revestimento asfáltico
Sub-trecho:		a frio com emulsão modificada
Seguimento:	0	por polímero

Equivalente de areia - DNER-ME054/94		Extração de betume - ASTM-D 2172			
> 60	Topo da argila h1		AMOSTRA + TARA+ AGUA	1131,1	
	Topo da areia h2		AMOSTRA + TARA gr.	1091,7	
	Equivalente de areia %		PESO DA AGUA gr.	39,4	
	Equivalente de areia % Médio		AGREGADOS + TARA	1069,0	
Data do ensaio:	30/09/2015		PESO DA EMULSÃO gr.	22,7	
Origem:			PESO DO AGREGADO gr.	367,9	
Laboratorista responsável:			TEOR DE BETUME (%)	10,27	
Amostra Sêca (gr.)	367,58	Estacas:	1930 LE	a	Pista de Rolamento.

Granulometria por Peneiramento - DNER-ME083/98					DNER-ES 389-99				
Peneiras		Material Retido	Material Que passa	% Que passa Da amostra Total	Peneiras		Resultado Total % Passando	Faixa II Passando	
mm.	pol.				mm.	pol.		Mínimo	Máximo
12,70	1/2	0,00	367,58	100,0	12,70	1/2	100,0	100	
9,52	3/8	2,67	364,91	99,3	9,52	3/8	99,3	100	
4,76	Nº 04	64,83	300,08	81,6	4,76	Nº 04	81,6	70	90
2,38	Nº 08	99,04	201,04	54,7	2,38	Nº 08	54,7	45	70
1,19	Nº 16	66,47	134,57	36,6	1,19	Nº 16	36,6	28	50
0,59	Nº 30	43,46	91,11	24,8	0,59	Nº 30	24,8	19	34
0,30	Nº 50	38,04	53,07	14,4	0,30	Nº 50	14,4	12	25
0,15	100	29,67	23,40	6,4	0,15	100	6,4	7	18
0,074	200	18,00	5,40	1,5	0,074	200	1,5	5	15
FUNDO		5,40	0,00	0,0					

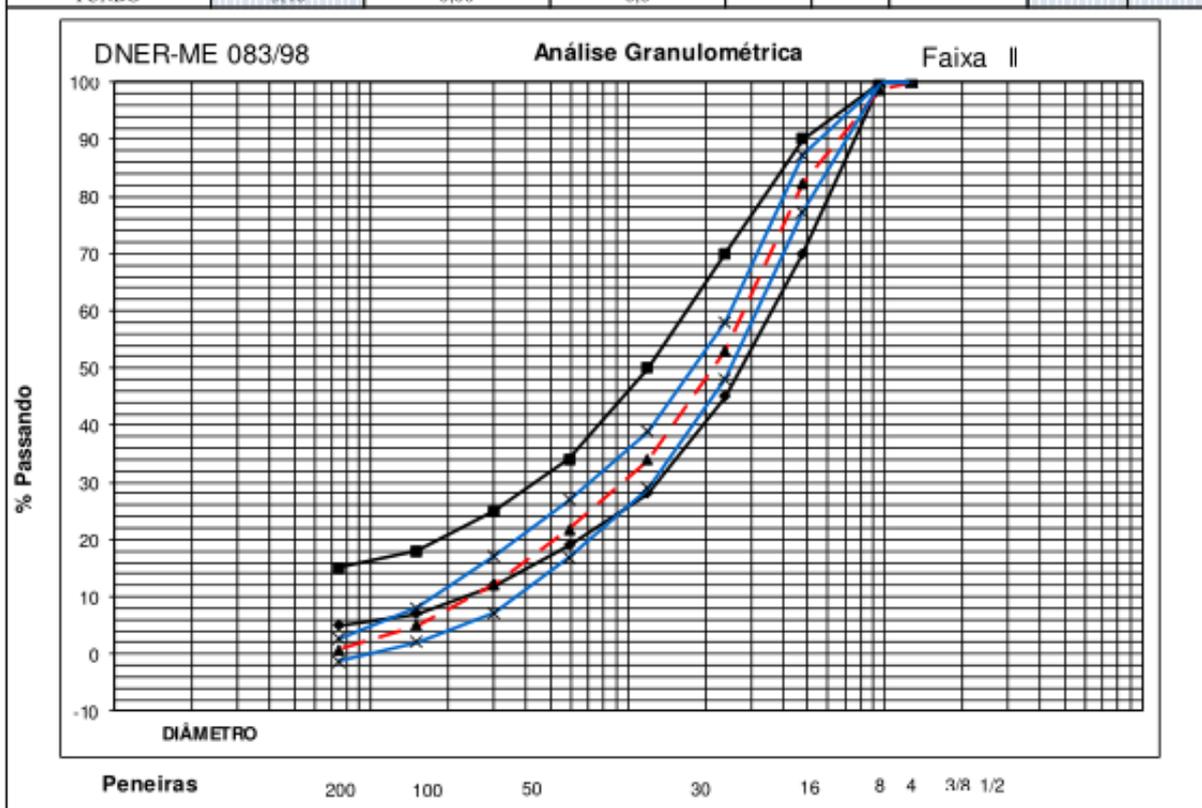


Anexos III – D

Obra:		DNER-ES
Rodovia:	TO - 050	389 / 99
Trecho:	Palmas (Rotatória Sul) / Porto Nacional (A)	Micro revestimento asfáltico
Sub-trecho:		a frio com emulsão modificada
Seguimento:	0	por polímero

Equivalente de areia - DNER-ME054/94		Extração de betume - ASTM D 2172			
> 60	Topo da argila h1		AMOSTRA + TARA + AGUA	1290,0	
	Topo da areia h2		AMOSTRA + TARA gr.	1216,4	
	Equivalente de areia %		PESO DA AGUA gr.	73,5	
	Equivalente de areia % Médio		AGREGADOS + TARA	1189,8	
Data do ensaio:	30/09/2015		PESO DA EMULSÃO gr.	26,6	
Origem:			PESO DO AGREGADO gr.	490,6	
Laboratorista responsável:			TOR DE BETUME (%)	9,03	
Amostra Sêca (gr.)	489,28	Estacas:	18855 LE	a	Pista de Rolamento

Granulometria por Peneiramento - DNER-ME083/98					DNER-ES 389-99				
Peneiras mm.	pol.	Material Retido	Material Que passa	% Que passa Da amostra Total	Peneiras mm.	pol.	Resultado Total % Passando	Faixa II	
								Mínimo	Máximo
12,70	1/2	0,00	489,28	100,0	12,70	1/2	100,0	100	
9,52	3/8	6,31	482,97	98,7	9,52	3/8	98,7	100	
4,76	Nº 04	80,27	402,70	82,3	4,76	Nº 04	82,3	70	90
2,38	Nº 08	143,07	259,63	53,1	2,38	Nº 08	53,1	45	70
1,19	Nº 16	93,78	165,85	33,9	1,19	Nº 16	33,9	28	50
0,59	Nº 30	59,01	106,84	21,8	0,59	Nº 30	21,8	19	34
0,30	Nº 50	47,59	59,25	12,1	0,30	Nº 50	12,1	12	25
0,15	100	34,89	24,36	5,0	0,15	100	5,0	7	18
0,074	200	20,96	3,40	0,7	0,074	200	0,7	5	15
FUNDO		3,40	0,00	0,0					

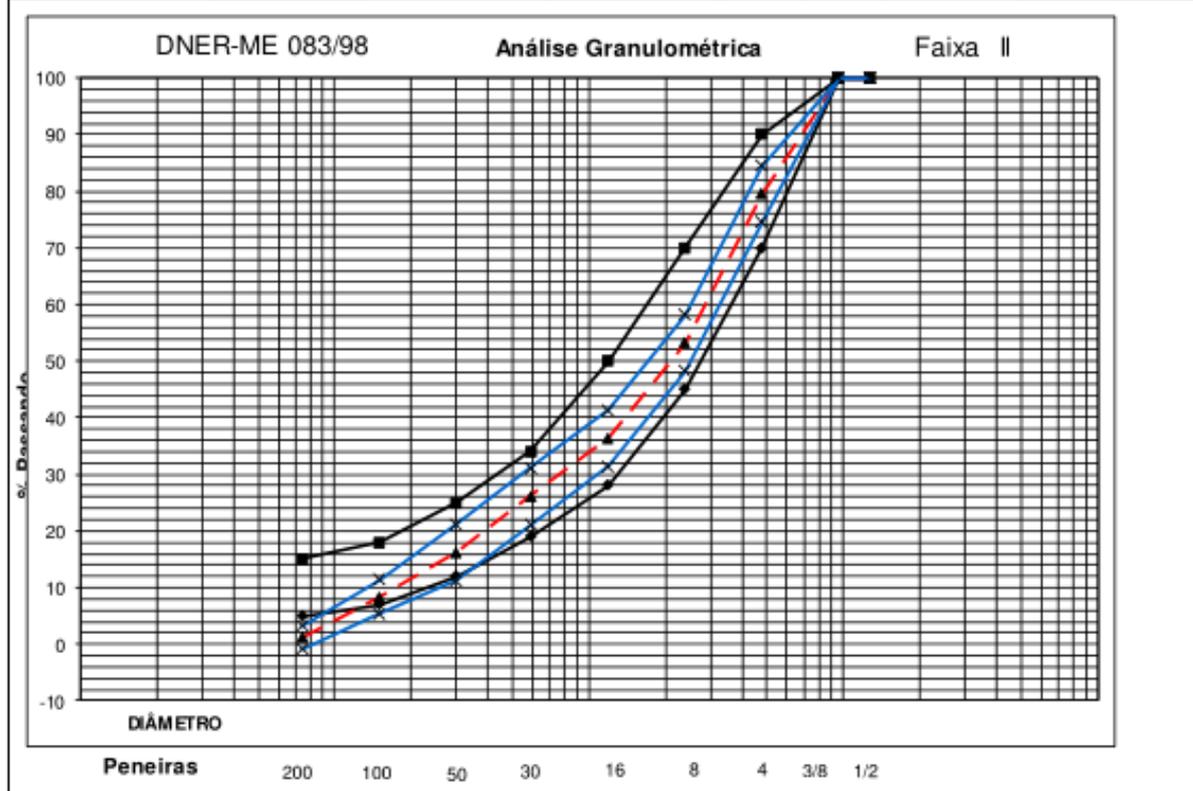


Anexos III – E

Obra:		DNER-ES
Rodovia:	TO - 050	389 / 99
Trecho:	Palmas (Rotatoria Sul) / Porto Nacional (A)	Micro revestimento asfáltico
Sub-trecho:		a frio com emulsão modificada
Seguimento:	0	por polímero

Equivalente de areia - DNER-ME054/94		Extração de betume - ASTM-D 2172			
> 60	Topo da argila h1		AMOSTRA + TARA+ AGUA	1083,0	
	Topo da areia h2		AMOSTRA + TARA gr.	1051,1	
	Equivalente de areia %		PESO DA AGUA gr.	31,9	
	Equivalente de areia % Médio		AGREGADOS + TARA	1031,0	
Data do ensaio:	30/09/2015		PESO DA EMULSÃO gr.	20,1	
Origem:			PESO DO AGREGADO gr.	340,2	
Laboratorista responsável:			TOR DE BETUME (%)	9,73	
Amostra Sêca (gr.)	339,41	Estacas:	1690 LE	a	Pista de Rolamento

Granulometria por Peneiramento - DNER-ME083/98					DNER-ES 389-99				
Peneiras mm.	pol.	Material Retido	Material Que passa	% Que passa Da amostra Total	Peneiras mm.	pol.	Resultado Total % Passando	Faixa II	
								Mínimo	Máximo
12,70	1/2	0,00	339,41	100,0	12,70	1/2	100,0	100	
9,52	3/8	0,00	339,41	100,0	9,52	3/8	100,0	100	
4,76	Nº 04	69,63	269,78	79,5	4,76	Nº 04	79,5	70	90
2,38	Nº 08	89,06	180,72	53,2	2,38	Nº 08	53,2	45	70
1,19	Nº 16	57,14	123,58	36,4	1,19	Nº 16	36,4	28	50
0,59	Nº 30	34,98	88,60	26,1	0,59	Nº 30	26,1	19	34
0,30	Nº 50	33,40	55,20	16,3	0,30	Nº 50	16,3	12	25
0,15	100	26,70	28,50	8,4	0,15	100	8,4	7	18
0,074	200	24,50	4,00	1,2	0,074	200	1,2	5	15
FUNDO		4,00	0,00	0,0					

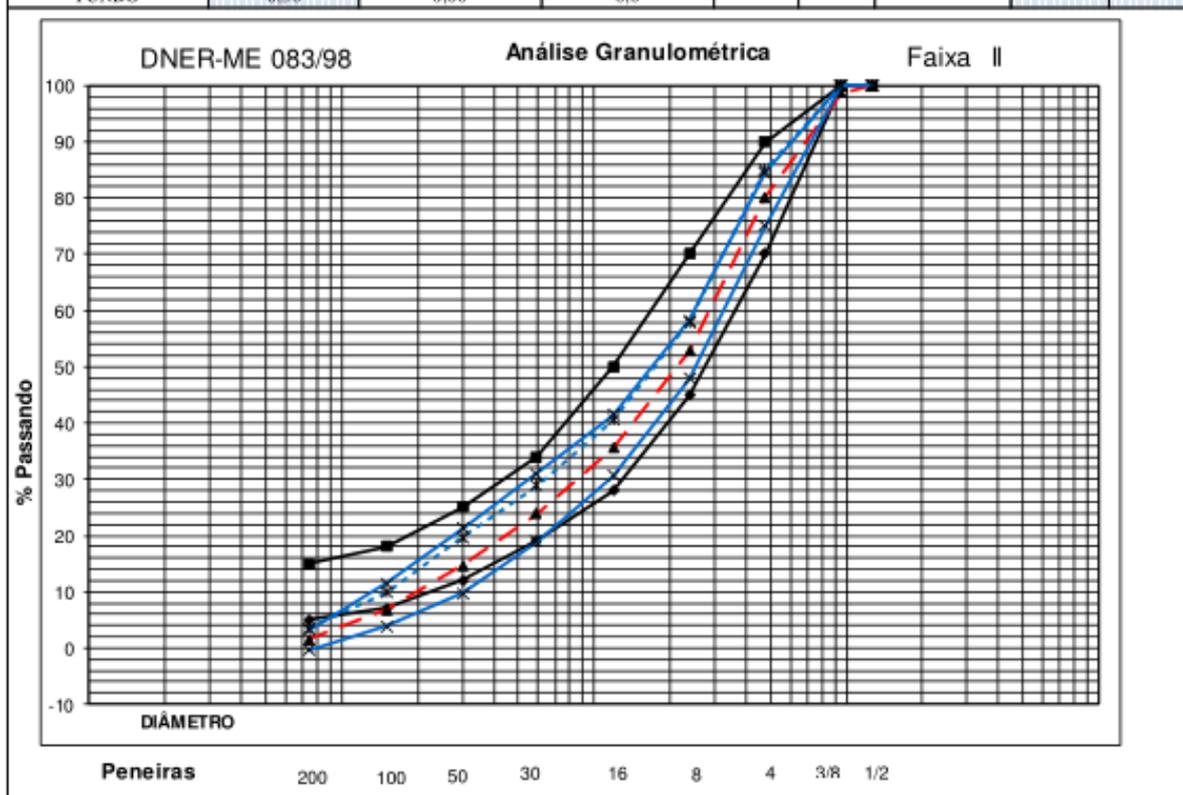


Anexos III – F

Obra:		DNER-ES
Rodovia:	TO - 050	389 / 99
Trecho:	Palmas (Rotatoria Sul) / Porto Nacional (A)	Micro revestimento asfáltico a frio com emulsão modificada por polímero
Sub-trecho:		
Seguimento:	0	

Equivalente de areia - DNER-ME054/94		Extração de betume - ASTM-D 2172			
> 60	Topo da argila h1		AMOSTRA + TARA+ AGUA	1153,4	
	Topo da areia h2		AMOSTRA + TARA gr.	1125,4	
	Equivalente de areia %		PESO DA AGUA gr.	28,0	
	Equivalente de areia % Médio		AGREGADOS + TARA	1101,6	
Data do ensaio:	30/09/2015		PESO DA EMULSÃO gr.	23,9	
Origem:			PESO DO AGREGADO gr.	410,9	
Laboratorista responsável:			TEOR DE BETUME (%)	9,54	
Amostra Sêca (gr.)	410,67	Estacas:	1795 LD	a	Pista de Rolamento.

Granulometria por Peneiramento - DNER-ME083/98					DNER-ES 389-99				
Peneiras		Material Retido	Material Que passa	% Que passa Da amostra Total	Peneiras		Resultado Total % Passando	Faixa II Passando	
mm.	pol.				mm.	pol.		Mínimo	Máximo
12,70	1/2	0,00	410,67	100,0	12,70	1/2	100,0	100	100
9,52	3/8	5,19	405,48	98,7	9,52	3/8	98,7	100	100
4,76	Nº 04	76,56	328,92	80,1	4,76	Nº 04	80,1	70	90
2,38	Nº 08	111,72	217,20	52,9	2,38	Nº 08	52,9	45	70
1,19	Nº 16	71,20	146,00	35,6	1,19	Nº 16	35,6	28	50
0,59	Nº 30	47,90	98,10	23,9	0,59	Nº 30	23,9	19	34
0,30	Nº 50	37,80	60,30	14,7	0,30	Nº 50	14,7	12	25
0,15	100	32,40	27,90	6,8	0,15	100	6,8	7	18
0,074	200	21,40	6,50	1,6	0,074	200	1,6	5	15
FUNDO		6,50	0,00	0,0					

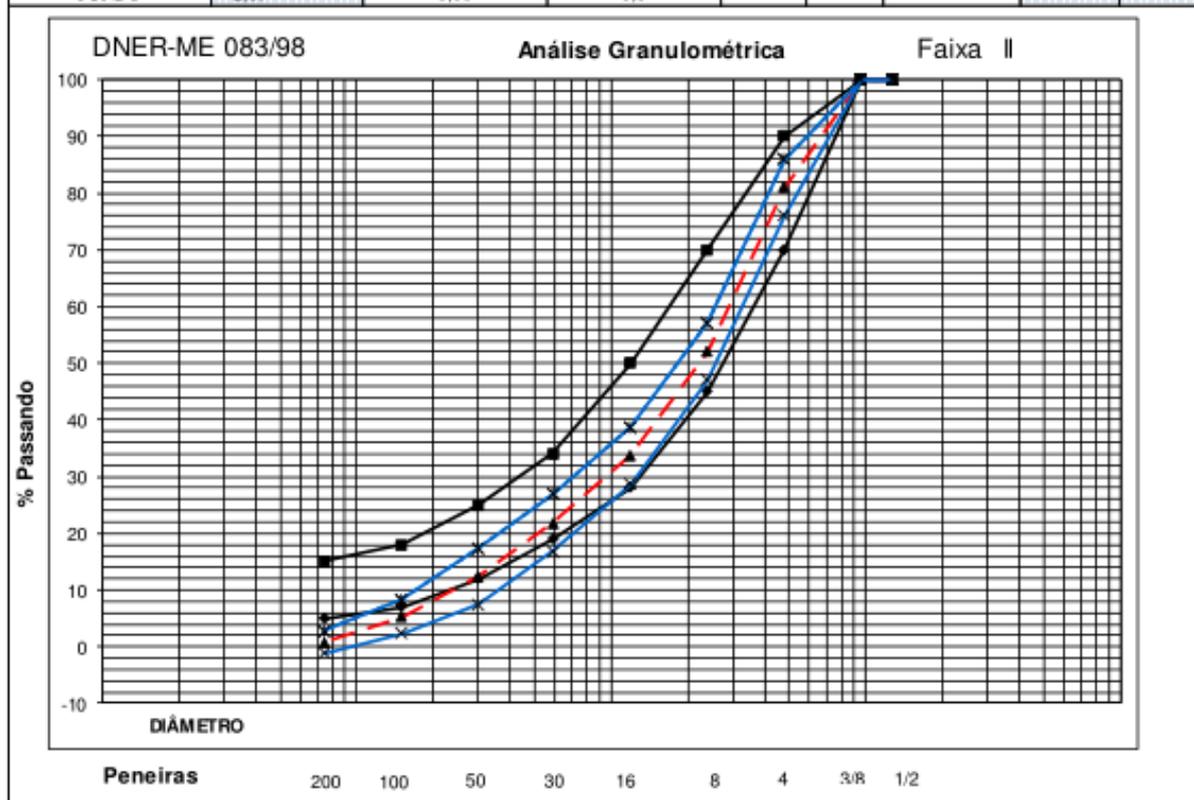


Anexos III – G

Obra:		DNER-ES
Rodovia:	<i>TO - 050</i>	389 / 99
Trecho:	<i>Palmas(Rotatoria Sul) / Porto Nacional(A)</i>	Micro revestimento asfáltico
Sub-trecho:		a frio com emulsão modificada
Seguimento:		por polímero

Equivalente de areia - DNER-ME054/94		Extração de betume - ASTM-D 2172			
> 60	Topo da argila h1		AMOSTRA + TARA+ AGUA	1093,2	
	Topo da areia h2		AMOSTRA + TARA gr.	1050,0	
	Equivalente de areia %		PESO DA AGUA gr.	43,2	
	Equivalente de areia % Médio		AGREGADOS + TARA	1031,1	
Data do ensaio:	30/09/2015		PESO DA EMULSÃO gr.	18,9	
Origem:			PESO DO AGREGADO gr.	339,9	
Laboratorista responsável:			TEOR DE BETUME (%)	9,15	
Amostra Sêca (gr.)	339,33	Estacas:	1935 LD	a	Pista de Rolamento

Granulometria por Peneiramento - DNER-ME083/98					DNER-ES 389-99				
Peneiras		Material Retido	Material Que passa	% Que passa Da amostra Total	Peneiras		Resultado Total % Passando	Faixa II Passando	
mm.	pol.				mm.	pol.		Mínimo	Máximo
12,70	1/2	0,00	339,33	100,0	12,70	1/2	100,0	100	
9,52	3/8	0,00	339,33	100,0	9,52	3/8	100,0	100	
4,76	Nº 04	64,46	274,87	81,0	4,76	Nº 04	81,0	70	90
2,38	Nº 08	98,12	176,75	52,1	2,38	Nº 08	52,1	45	70
1,19	Nº 16	62,35	114,40	33,7	1,19	Nº 16	33,7	28	50
0,59	Nº 30	40,33	74,07	21,8	0,59	Nº 30	21,8	19	34
0,30	Nº 50	32,04	42,03	12,4	0,30	Nº 50	12,4	12	25
0,15	100	24,10	17,93	5,3	0,15	100	5,3	7	18
0,074	200	15,24	2,69	0,8	0,074	200	0,8	5	15
FUNDO		2,69	0,00	0,0					

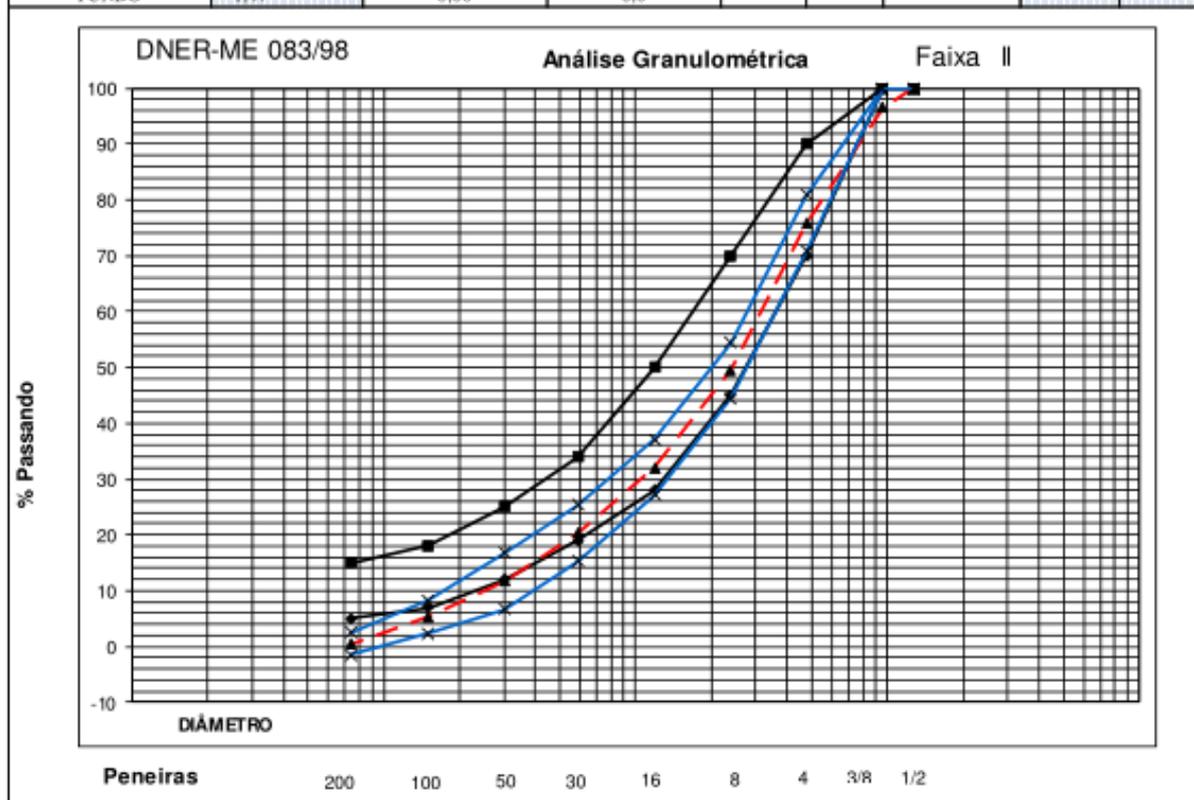


Anexos III – H

Obra:		DNER-ES
Rodovia:	TO - 050	389 / 99
Trecho:	Palmas(Rotatoria Sul) / Porto Nacional(A)	Micro revestimento asfáltico
Sub-trecho:		a frio com emulsão modificada
Seguimento:	0	por polímero

Equivalente de areia - DNER-ME054/94		Extração de betume - ASTM-D 2172			
> 60	Topo da argila h1		AMOSTRA + TARA+ AGUA	1086,5	
	Topo da areia h2		AMOSTRA + TARA gr.	1047,7	
	Equivalente de areia %		PESO DA AGUA gr.	38,8	
	Equivalente de areia % Médio		AGREGADOS + TARA	1027,5	
Data do ensaio:	30/09/2015		PESO DA EMULSÃO gr.	20,2	
Origem:			PESO DO AGREGADO gr.	336,2	
Laboratorista responsável:			TOR DE BETUME (%)	9,89	
Amostra Sêca (gr.)	335,49	Estacas:	1930 LE Micro 2	a	Pista de Rolamento

Granulometria por Peneiramento - DNER-ME083/98					DNER-ES 389-99				
Peneiras mm.	pol.	Material Retido	Material Que passa	% Que passa Da amostra Total	Peneiras mm.	pol.	Resultado Total % Passando	Faixa II	
								Mínimo	Máximo
12,70	1/2	0,00	335,49	100,0	12,70	1/2	100,0	100	
9,52	3/8	11,54	323,95	96,6	9,52	3/8	96,6	100	
4,76	Nº 04	69,67	254,28	75,8	4,76	Nº 04	75,8	70	90
2,38	Nº 08	88,25	166,03	49,5	2,38	Nº 08	49,5	45	70
1,19	Nº 16	58,45	107,58	32,1	1,19	Nº 16	32,1	28	50
0,59	Nº 30	39,54	68,04	20,3	0,59	Nº 30	20,3	19	34
0,30	Nº 50	28,83	39,21	11,7	0,30	Nº 50	11,7	12	25
0,15	100	21,38	17,83	5,3	0,15	100	5,3	7	18
0,074	200	16,36	1,47	0,4	0,074	200	0,4	5	15
FUNDO		1,47	0,00	0,0					



Anexos V

Cálculo do IGGE

MT	PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E SEMI-RÍGIDOS			Folha
DNIT	IGGE - ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL EXPEDITO (CÁLCULO)			01
	Ext. PNV _____ Ext. EXEC 12 km UNIT _____ Nº PISTA/LADO LD/LE _____ MÊS/ANO ABRIL/2016			
	Largura da Pista: 7,00 m			
Código PNV	TO - 050			Largura do Acostamento: 1,30 m
Trecho do PNV	Início PALMAS (Rotatória Sul)		MR Nº km 48	
	Fim PORTO NACIONAL		VMD _____	MR Nº km 60

Nº do seg	SEGMENTO			TRINCAS			DEFORMAÇÕES			PANELA + REMENDO			(Ft x Pt) + (Foap x Poap) + (Fpr x Ppr) = IGGE
	Km Início	Km Fim	Extensão	Ft %	Pt	Ft x Pt	Foap %	Poap	Foap x Poap	Fpr nº	Ppr	Fpr x Ppr	
1	48,1	49,1	1	0,00	0,3	0,00	1,15	0,6	0,69	2	0,7	1,40	2,09
2	49,1	50,1	1	0,00	0,3	0,00	0,70	0,6	0,42	0	0,7	0,00	0,42
3	50,1	51,1	1	0,00	0,3	0,00	9,11	0,6	5,47	0	0,7	0,00	5,47
4	51,1	52,1	1	0,00	0,3	0,00	0,00	0,6	0,00	0	0,7	0,00	0,00
5	52,1	53,1	1	3,50	0,3	1,05	1,20	0,6	0,72	0	0,7	0,00	1,77
6	53,1	54,1	1	4,60	0,3	1,38	0,00	0,6	0,00	0	0,7	0,00	1,38
7	54,1	55,1	1	0,00	0,3	0,00	0,00	0,6	0,00	0	0,7	0,00	0,00
8	55,1	56,1	1	0,00	0,3	0,00	0,00	0,6	0,00	0	0,7	0,00	0,00
9	56,1	57,1	1	0,00	0,3	0,00	0,00	0,6	0,00	0	0,7	0,00	0,00
10	57,1	58,1	1	0,00	0,3	0,00	0,00	0,6	0,00	0	0,7	0,00	0,00
11	58,1	59,1	1	0,00	0,3	0,00	2,10	0,6	1,26	0	0,7	0,00	1,26
12	59,1	60,1	1	0,00	0,3	0,00	0,00	0,7	0,00	0	0,7	0,00	0,00
IGGE												1,03	