



# MICRORREVESTIMENTO ASFÁLTICO A FRIO- MRAF

- MINICURSO DE LABORATÓRIO DE:
- ESTRADAS EM REVESTIMENTO PRIMÁRIO,
- AGREGADOS,
- LIGANTES ASFÁLTICOS,
- EMULSÃO ASFÁLTICA,
- MISTURAS ASFÁLTICAS E
- RECICLAGEM DE BASES

Maio / 2025 - Professores:

Dr. Edson de Moura e

Eng. Químico Fernando Augusto Júnior



1

## MICRORREVESTIMENTO ASFÁLTICO A FRIO

### Normas

DNIT 035/2018 - ES Pavimentação asfáltica –  
Microrrevestimento asfáltico – Especificação de serviço

DER-SP ET-DE-P00/022 - Microrrevestimento Asfáltico a Frio.  
Emulsão Modificada por Polímero. Pavimentação.

DER/PR ES-P 30/17 Pavimentação: Micro Revestimento Asfáltico a  
Frio com Emulsão Modificada por Polímeros Elastoméricos

NBR14948 DE 04/2003 - Microrrevestimentos asfálticos a frio  
modificados por polímero - Materiais, execução e desempenho

2

## Por definição

MRAF consiste na associação de:

- agregados,
- material de enchimento (fíler),
- emulsão asfáltica de ruptura controlada modificada por polímero elastomérico,
- água e
- aditivos, com consistência fluida (quando especificados)

Mistura uniformemente produzida “in loco” e espalhada sobre uma superfície previamente preparada.

3

## PRINCIPAL APLICAÇÃO É COMO CAMADA DE ROLAMENTO ANTIDERRAPANTE DE PAVIMENTOS

### Aspecto final



Garcia Monteiro –  
Obras de Pavimentação na Fernão Dias BR 381

Fonte: Garcia Monteiro

4

## Finalidade SECUNDÁRIAS

camada de selagem inibidora

rejuvenescimento

impermeabilização

Aliviadora de tensões



**A UTILIZAÇÃO DO MRAF É, PRATICAMENTE, INDICADO PARA PAVIMENTOS COM PROBLEMAS DE CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS**

5

Composição granulométrica da mistura de agregados de MRAF (ISSA A-143, 1990)

Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em peso			Tolerância da curva de projeto (%)
Peneiras		Faixa I	Faixa II	Faixa III	
Nome	Abertura, mm				
1/2"	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	± 3
nº 200	0,075	5 - 15	5 - 15	4 - 8	± 2
Asfalto residual I	% em peso do agregado	7,5 - 13,5	6,5 - 12,0	5,5 - 7,5	± 0,2
Filler	% em peso do agregado	0 - 3	0 - 3	0 - 3	-
Taxa de aplicação	Kg/m²	5 - 11	8 - 16	15 - 30	-
Espessura (mm)	-	4 - 15	6 - 20	12 - 37	-

Fonte: NORMA DNIT 035/2018 - ES

Faixa I – Rodovias de média intensidade de tráfego e aeroportos

Faixa II – Rodovias de tráfego pesado – Trilhas de roda camada de texturização ou nivelamento

Faixa III - Rodovias de tráfego pesado. Trilha de roda, camada de texturização ou nivelamento. Normalmente executada em suas camadas

Essas taxas, de asfalto residual e de agregados não são prescritivas.

6

### DOSAGEM MRAF – Quantidade de água

A consistência ideal para uma boa trabalhabilidade do MRAF, está intimamente, relacionada a quantidade de água na mistura, sendo

- Água contida nos agregados,
- Água adicionada à mistura e,
- Água da emulsão

Fluidos da  
mistura

Água em excesso, sedimenta os finos e causa a flotação do ligante asfáltico, propiciando uma superfície altamente lisa.

A falta de água, pouca trabalhabilidade e baixa aderência ao substrato.

A norma ABNT NBR 14746 apresenta o método do cone, normalmente, utilizado para medir a trabalhabilidade associado a quantidade de água na mistura.

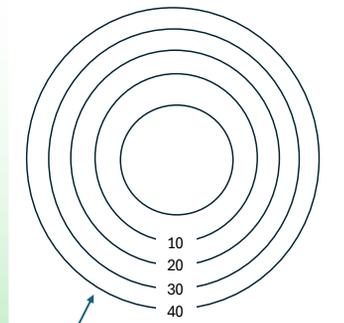
7

### DOSAGEM MRAF – Quantidade de água

Basicamente, o método consiste em preencher um tronco de cone (padronizado), posto sobre uma placa metálica, com a mistura a ser testada.

Ao remove-se o tronco a mistura flui estendendo-se sobre a superfície placa. Se:

- atingir 25 mm – considerado ideal para aplicação
- 30 mm valor máximo para aplicação
- Acima ou abaixo desses limites, corrigir a quantidade de água.



A placa possui cinco círculos concêntricos, com incrementos de 10 mm, a partir de 90 mm.

8

**DOSAGEM MRAF – Tempo de misturação**

Fatores que influenciam no tempo de ruptura:

- Emulsão asfáltica elastomérica de ruptura controlada
- Água
- Fíler mineral
- Se previsto – fibras e aditivos reguladores de ruptura.

Tempo de misturação:  
período transcorrido entre o início da misturação e a ruptura total da emulsão

Fatores adicionais:

- Umidade relativa do ar
- Temperatura do ar e dos fluidos constituintes da mistura
- Reatividade/superfície específica dos agregados
- Eficiência do Processo de misturação

Uma correta combinação dos constituintes do MRAF, deve produzir uma mistura semifluida com agregados totalmente recobertos de líquidos, que deve romper entre 120 e 300 s

9

**DOSAGEM MRAF – Tempo de misturação**

A norma ABNT NBR 14758 preconiza procedimentos que avaliam se os agregados podem ser misturados adequadamente antes do início da ruptura da emulsão.

Traz também, procedimento para o controle tecnológico do processo executivo.

Em laboratório, as condições de misturação ocorrem em ambiente com temperatura controlada de 25°C. A mistura deve romper entre 120 e 300 s

Em obra, é recomendado a extensão do tempo mínimo para 180 s e máximo de 300 s – para temperaturas acima de 25°C

Há a possibilidade de aditivos reguladores de tempo de ruptura. Nesses casos deve-se manter a composição da mistura e variar o teor de aditivo de forma a adequar o tempo de ruptura

10

**DOSAGEM - Ensaios**

1 – Coesão da mistura – emprego do coesímetro (MCT) ABNT NBR 14798 – Determina o tempo de cura e liberação ao tráfego do MRAF .

2 – Determinação da adesividade de misturas - (WST) -ABNT NBT 14757 – Determina a resistência à água (adesividade) da mistura após cura.

3 – Determinação da perda á abrasão úmida (WTAT) – ABNT NBR 14746 – Simula a ação da água e do tráfego e o teor mínimo de ligante asfáltico residual do MRAF.

4 – Determinação do excesso de ligante asfáltico e adesão da areia pela máquina (LWT) ABNT NBR 14841 – Determina a resistência à exsudação do asfalto sob ação simulada do tráfego e o teor máximo de ligante asfáltico residual do MRAF

5 - Teste de Schulze-Breuer e Ruck - Esse ensaio é uma checagem final de compatibilidade entre o asfalto e o agregado (não normatizado no Brasil) – Mensura a adesividade da mistura

11

**DOSAGEM**

1 – Coesão da mistura – emprego do coesímetro (MCT) ABNT NBR 14798 – Determina o tempo de cura e liberação ao tráfego do MRAF .



(a) Coesímetro



(b) Ensaio em andamento



(c) Verificação do torque

Uma toalha de papel é pressionada sobre a mistura e quando o papel absorve somente água limpa, a mistura não será mais revolvida.

Posteriormente - Uma porção da mistura é colocada no coesímetro (Figura a), aplica-se uma pressão de 200 kPa (Figura b), em seguida aplica-se um torque com o torquímetro(Figura c) (girá-lo num arco de 90° a 120°) de 20 kPa em intervalos de 30, 60, 90, 120 e 150 s.

Se, atingir 2,0 N.m em 60s, é classificada como de rápida liberação ao tráfego

Se, após molhagem da amostra atingir 1,2 N.m em 30 s, o MRAF é classificado como cura rápida

Um torque de 1,2 N.m é considerado como a coesão necessária na qual a mistura está “curada”, resistente à água e não pode ser misturada outra vez.

12

**DOSAGEM**

2 – Determinação da adesividade de misturas - (WST) -ABNT NBT 14757  
 – Determina a resistência à água (adesividade) da mistura após cura.

Método expedito – uma amostra da mistura é submetido à fervura por 3 minutos

Considera-se resultado satisfatório, para mistura acima de 90% de área recoberta com filme de ligante asfáltico .



13

**DOSAGEM**

3 – Determinação da perda á abrasão úmida (**WTAT**) – DNIT 035/2018 – ES Simula a ação da água e do tráfego e o teor mínimo de ligante asfáltico residual do MRAF.

Por meio desse ensaio determina-se o teor de ligante mínimo para MRAF

O ensaio reflete a resistência à abrasão relativa à porcentagem de ligante.

O teste simula as condições abrasivas, como veículos freando e fazendo curvas, em condições úmidas.

O procedimento de ensaio utiliza uma amostra em forma de disco, com 6 mm de espessura e 280 mm de diâmetro.

Essa amostra é ensaiada após passar um período cura de 1 hora ou, excepcionalmente, 6 dias submersa em água.

Esse disco é colocado no equipamento (WTAT), ainda submerso em água e submetido a uma carga abrasiva rotativa de 2,3 kg por 5 minutos.

Aceitabilidade	
Tempo de cura (h/dia)	Massa despreendida g/m <sup>2</sup>
1 h	538
6 dias	807

**WTAT**



14

**DOSAGEM**

4 – Determinação do excesso de ligante asfáltico e adesão da areia pela máquina (**LWT**) DNIT 035/2018 - ES– Determina a resistência à exsudação do asfalto sob ação simulada do tráfego e o teor máximo de ligante asfáltico residual do MRAF

Semelhante a uma simulador de tráfego laboratorial.  
O **LWT** determina-se o teor de ligante máximo

Cp de 50 mm de largura por 375 mm de comprimento que é compactado com 1.000 ciclos com carga de 57 kg no próprio equipamento

Após compactação, o corpo de prova é lavado, seco e pesado.

Adiciona-se 300 g de areia sobre o corpo de prova

Submete o corpo de prova a 100 ciclos.

Ao final, mede-se a massa do corpo de prova

O valor máximo aceitável de aumento de massa é de 538 g/m<sup>2</sup>.



**DOSAGEM**

5 - Teste de Schulze-Breuer e Ruck - Esse ensaio é uma checagem final de compatibilidade entre o asfalto e o agregado (não normatizado no Brasil) – Mensura a adesividade da mistura

Cps de 30 mm de diâmetro por 30 mm de espessura. O CP é fabricado com agregado misturado a 8,2% de asfalto que é compactado num equipamento apropriado, sendo então submerso em água por 6 dias e depois pesado para o cálculo da absorção



Após ser submetido a 3.600 ciclos, é pesado novamente para o cálculo de perda por **abrasão**

A **coesão ou integridade** da mistura de MRAF é determinada com 30 min. em fervura.

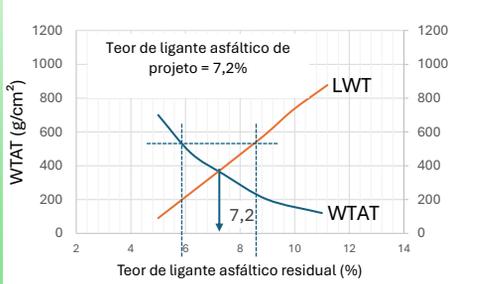
Depois de seco verifica-se as partículas desprendidas e mede-se a **adesão** da mistura

**DETERMINAÇÃO DO TEOR DE LIGANTE RESIDUAL DE PROJETO**

O teor de ligante residual de projeto é definido graficamente com resultados dos ensaios de WTAT e LWT

Ligante residual (%)	Emulsão (%)	Água (%)	Abrasão úmida (WTAT) (g/cm <sup>2</sup> )	Excesso de asfalto (LWT) (g/cm <sup>2</sup> )
5	8	12	700	
6,2	10	10	475	
7,4	12	8	349	
8,7	14	6		555
9,9	16	4		725
11,2	18	2		877

Ensaio	Unidade	Valores específicos	
		Mínimos	Máximos
Coesão úmida, (30 min)	kg.cm	12	
Coesão úmida, (60 min)	kg.cm	20	
Excesso de asfalto pelo LWT	g/cm <sup>2</sup>		538
Adesividade	%	90	
Perda por abrasão úmida WTAT	g/cm <sup>2</sup>		538
Tempo de mistura, 25+/- 1°C	s	120	



O teor de ligante residual desse projeto é 7,2%

DNIT 035/2018 -ES apresenta tolerância de ±0,2%

**7,0% < asfalto residual < 7,4%**

17

**DETERMINAÇÃO DO TEOR DE LIGANTE RESIDUAL DE PROJETO**

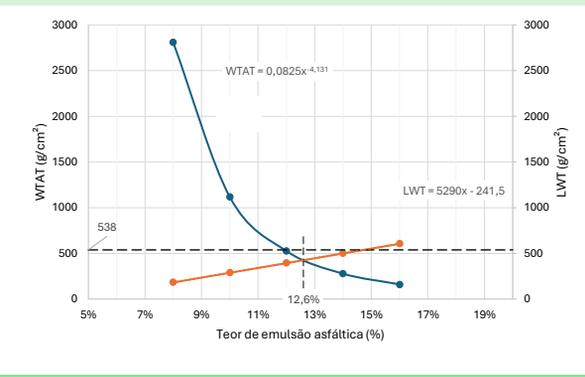
MRAF, executado na rodovia BR-352, no município de Abadia dos Dourados- MG

PARÂMETROS					
Teor de Emulsão, (% em massa)	8	10	12	14	16
Perda por abrasão úmida (g/m <sup>2</sup> ) - WTAT	2808	1116,5	525,6	277,9	160,3
Excesso de asfalto (g/m <sup>2</sup> ) -LWT	181,7	287,5	393,3	499,1	604,9
Valores máximo especificados (g/m <sup>2</sup> )	538				

O teor de emulsão desse projeto é 12,6%

O teor de asfalto residual projeto é 7,8%

**7,6% < teor de emulsão < 8,0%**



18

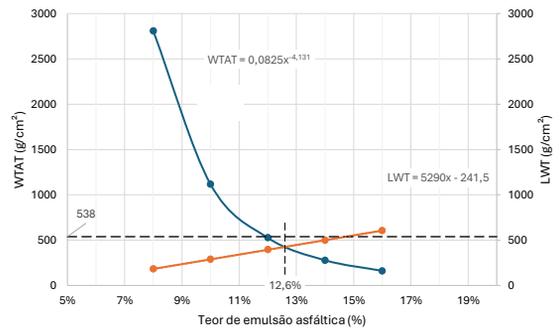
**DETERMINAÇÃO DO TEOR DE LIGANTE RESIDUAL DE PROJETO**

DATA DO ENSAIO	km	TEOR DE CAP RESIDUAL (% em massa)
10/11/2023	17,900	7,69
10/11/2023	14,150	8,40
11/11/2023	12,950	8,60
<b>7,6% &lt; teor de emulsão &lt; 8,0</b>		
16/11/2023	12,030	7,72
16/11/2023	21,050	8,21
17/11/2023	19,020	8,00
18/11/2023	22,100	7,80
18/11/2023	26,010	5,80
20/11/2023	21,800	8,30
22/11/2023	39,400	8,30
24/11/2023	28,300	8,24
25/11/2023	29,500	7,93
26/11/2023	35,600	7,60
26/11/2023	37,710	8,20
27/11/2023	29,170	7,90
27/11/2023	28,800	7,60
28/11/2023	29,875	7,60
28/11/2023	35,600	7,50
29/11/2023	38,205	8,30
30/11/2023	40,250	7,80
30/11/2023	47,675	7,60

Controle tecnológico do teor de ligante residual

Teor de emulsão (%)	12,6	
Teor de ligante residual (%)	7,8	
Tolerância (%)	-0,2	0,2
<b>Faixa de asfalto residual (%)</b>	<b>7,6</b>	<b>8,0</b>

(x0,62)



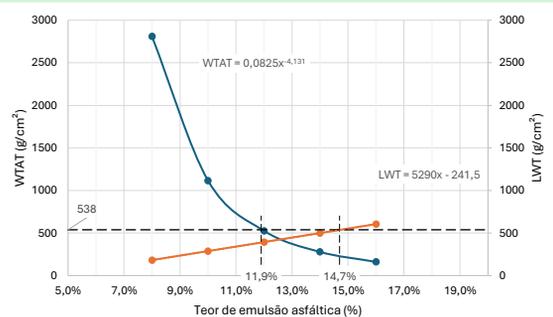
19

**DETERMINAÇÃO DO TEOR DE LIGANTE RESIDUAL DE PROJETO**

DATA DO ENSAIO	km	TEOR DE CAP RESIDUAL (% em massa)
10/11/2023	17,900	7,69
10/11/2023	14,150	8,40
11/11/2023	12,950	8,60
<b>7,4% &lt; teor de emulsão &lt; 9,1%</b>		
15/11/2023	15,620	8,50
16/11/2023	12,030	7,72
16/11/2023	21,050	8,21
17/11/2023	19,020	8,00
18/11/2023	22,100	7,80
18/11/2023	26,010	5,80
20/11/2023	21,800	8,30
22/11/2023	39,400	8,30
24/11/2023	28,300	8,24
25/11/2023	29,500	7,93
26/11/2023	35,600	7,60
26/11/2023	37,710	8,20
27/11/2023	29,170	7,90
27/11/2023	28,800	7,60
28/11/2023	29,875	7,60
28/11/2023	35,600	7,50
29/11/2023	38,205	8,30
30/11/2023	40,250	7,80
30/11/2023	47,675	7,60

Controle tecnológico do teor de ligante residual

Teor de emulsão projeto (modificado)		
Limites	Inferior (WTAT)	Superior (LWT)
		11,9
<b>Asfalto residual</b>	<b>7,4</b>	<b>9,1</b>



20

## EXECUÇÃO DE MICRORREVESTIMENTO ASFÁLTICO

O MRAF é produzido e aplicado “in loco”, diferentemente de um material CA, BGS, BGTC, etc. o MRAF é melhor enquadrado com um processo construtivo.



Fonte: Site: Romanelli



O sucesso do resultado está associado a qualidade dos materiais, aos equipamentos e, principalmente, no expertise dos técnicos envolvidos na execução do MRAF.

21

## CUIDADOS PRELIMINARES - MICRORREVESTIMENTO ASFÁLTICO

### Preparação da superfície

- Limpeza com vassoura mecânica ou ar comprimido
- Reparos de eventuais defeitos
- Proteção dos dispositivos de drenagem
- Execução de eventuais serviços de tapa-buracos
- Selagem prévia de trincas, aberturas superiores a 6 mm, com emulsão asfáltica elastomérica
- Pintura de ligação não é requerida. Porém, recomenda-se para pavimentos desgastados e com textura aberta (porosos) ou heterogênea, envelhecidos ou oxidados. Pode-se utilizar a própria emulsão do MRAF, diluída em 50% e aplicada à taxa de  $0,5\text{m}^2$ .

22

**CUIDADOS PRELIMINARES - MICRORREVESTIMENTO ASFÁLTICO****Limitações climáticas**

- Temperatura inferior a 10°C
- Dias chuvosos
- Ajustar o tempo de mistura e o teor de ligante asfáltico em função das características dos agregados e principalmente em função das condições climáticas do local
- Temperaturas acima de 40°C pode ocorrer a ruptura superficial da mistura (falsa cura). Nessas condições deve-se umedecer a superfície do pavimento, com barra esmagadora para diminuir a temperatura superficial.

23

**CUIDADOS PRELIMINARES - MICRORREVESTIMENTO ASFÁLTICO****Verificação da dosagem**

- Checagem da dosagem, em obra, (km zero). Momento para ajustar qualquer não conformidade da aplicação
- Chek-list do procedimento com o objetivo de: fazer certo da primeira vez.
- Calibração da usina móvel com acompanhamento do fiscal da obra.
- Execução dos ensaios de controle tecnológico no km zero.

24

## CUIDADOS PRELIMINARES - MICRORREVESTIMENTO ASFÁLTICO

### Materiais

#### Agregados

- Controle de qualidade
- Contaminantes como argila
- Não permitir agregados com diâmetro acima do recomendado
- Evitar material com excesso de finos
- Cobrir os agregados para manutenção da umidade
- Homogeneizar com a pá carregadeira os agregados antes do abastecimento do silo
- Orientar o operador da pá para não raspar a base da pilha, evitando o corte de solo

#### Fíler

- Controle de não variação do tipo de fíler
- Data de validade para fíleres como: cimento ou cal
- Estocar adequadamente

#### Emulsão asfáltica

- Ensaios de caracterização de recebimento
- Compatibilidade com os demais materiais
- Estocagem sem contaminações
- Agitações periódicas para evitar sedimentação
- Utilizar emulsão em temperatura ambiente ou seguir orientação do fornecedor da emulsão.
- Principalmente, não variar o fornecedor da emulsão asfáltica utilizada no projeto de dosagem

25

## EQUIPAMENTO - MICRORREVESTIMENTO ASFÁLTICO

Usina móvel, autopropelida, montada sobre um chassi de caminhão



26

### APLICAÇÃO - MICRORREVESTIMENTO ASFÁLTICO

- a) Produtividade – logística de abastecimento dos materiais - 4.000 a 7.000 m<sup>2</sup> por dia.
- b) Velocidade de aplicação – uniforme e mais reduzida possível – (4 a 5 km/h)
- c) Taxa de aplicação – é função da graduação da mistura – em média de 10 a 30 kg/m<sup>2</sup>
- d) Espessura – de 6 a 15 mm.
- e) Para espessuras : 4 a 15 mm – faixa I, 6 a 20 mm faixa II e 12 a 37 mm faixa III. Nesses casos é recomendado a aplicação em duas camadas
- f) Camada intermediária – SAMI (*Stress Absorbing Membrane Interlayer*) – empregado como camada dissipadora de tensões

Fonte: Site: Romanelli

27

### COMPRESSÃO - MICRORREVESTIMENTO ASFÁLTICO

Após a aplicação, em pátios de estacionamentos, aeroportos e vias de tráfego intenso e rápido, normalmente, é feita a compressão com rolo pneumático de 10 t e pressão de inflagem dos pneumáticos 60 lbs/in<sup>2</sup> e velocidade de 5 a 8 kh/h.



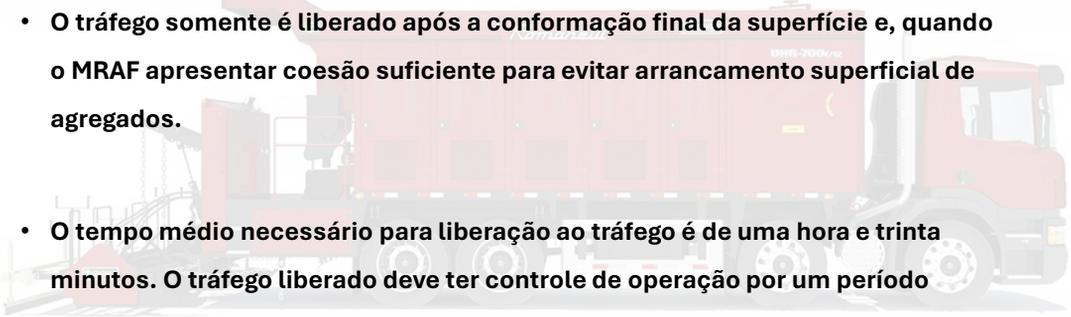
Fonte: Site: Romanelli

**ATUA EM PEQUENAS DEPRESSÕES DANDO UM MELHOR ACABAMENTO SUPERFICIAL.**

28

**ABERTURA AO TRÁFEGO - MICRORREVESTIMENTO ASFÁLTICO**

- **O tráfego somente é liberado após a conformação final da superfície e, quando o MRAF apresentar coesão suficiente para evitar arrancamento superficial de agregados.**
- **O tempo médio necessário para liberação ao tráfego é de uma hora e trinta minutos. O tráfego liberado deve ter controle de operação por um período mínimo de 24 horas.**



Fonte: Site: Romanelli

29

**OBSERVAÇÕES E CUIDADOS ADICIONAIS**

O projeto de dosagem do MRAF deve ser executado pelo fornecedor da emulsão asfáltica

Qualquer variação dos componentes da mistura, há necessidade de uma nova dosagem

Ruptura anormal devido ao clima, deve-se contatar o fornecedor de emulsão asfáltica para correção

Cuidados com os sombreamentos devido a vegetações contíguas à pista

30



**CRT - DIURNO**



**CRT - NOTURNO**

Fotos Garcia Monteiro

31



**Regis Bittencourt BR 116**



**Viapaulista SP 255**

Fotos Garcia Monteiro

32



MGO BR 050



Dutra RJ - BR 116

Fotos Garcia Monteiro

33



Al Almeida enga. de infraestrutura em Goiás

**Obrigado pela atenção!**



34