

**MICRORREVESTIMENTO ASFÁLTICO A FRIO (MRAF) COMO OPÇÃO NO
REPARO DA CAPA ASFÁLTICA EM PATOLOGIAS NA RODOVIA BR 381 –
TRECHO DE BELO HORIZONTE/MG km 477 A SÃO PAULO/SP km 90**

Richardson Agnaldo Tardioli Barbosa^{1*}

Prof^a. Me. Laisa Cristina Carvalho - Orientador^{2*}

RESUMO

Este trabalho demonstra a aplicação do Microrrevestimento Asfáltico a frio (MRAF) como opção no reparo da capa asfáltica em patologias na rodovia BR 381. Tal abordagem se faz necessária devido ao intenso desgaste causado na rodovia devido ao grande fluxo de veículos na Rodovia BR-381, a intensidade das precipitações, alinhadas aos ventos e o sol contribuem para o desgaste dos materiais, tornando sua manutenção periódica de suma importância. O objetivo deste trabalho será de comprovar de forma técnica e matemática que quando aplicado o MRAF de forma adequada nos reparos da Rodovia BR-381, sua execução diminui seu tempo, os custos e melhora as condições de tráfego para o usuário. Esta tarefa será conseguida através de visitas ao longo da pista e de forma qualitativa identificar as patologias no pavimento, são inúmeras as causas, tamanhos e modelos dos defeitos no pavimento e esse comparativo descreva a metodologia do MRAF como uma mistura asfáltica a frio, composta por agregados sendo um grande auxiliar na recomposição na camada da Capa Asfáltica da Rodovia BR 381. São inúmeros os defeitos nos pavimentos, denominados de Fenda, subdividido em Fissuras e Trincas. E na visita em loco, realizada pelo Autor, no sentido BH e no sentido SP da faixa da pista da BR-381, de forma qualitativa, com a equipe de campo, identificou-se as patologias no pavimento O estudo demonstrou e comprovou que o MRAF diminui os custos, devido ao fato de se utilizar uma mini usina na aplicação, evitando ligar a Usina de Asfalto no pátio da empresa. Com menor espaço de tempo é liberado o tráfego na pista mais rápido.

Palavras-chave: Patologia. Defeito. Rodovia. Fernão Dias. BR-381. CBUQ. CAUQ. MRAF. Concreto Betuminoso. Concreto Asfáltico. Microrrevestimento a Frio.

^{1*} Estudante de Engenharia no Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG; profissional na Área de Engenharia Pesada. E-mail: tardiooli@hotmail.com

^{2*} Prof^a. Me. Laisa Cristina Carvalho. Graduada em Eng. Civil pela UEMG e doutoranda em Estruturas e Construção Civil pela Universidade Federal de São Carlos - Orientador

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho trata-se da utilização do Microrrevestimento Asfáltico a Frio (MRAF) como forma de pequenos reparos em patologias na BR-381, em substituição a capa de asfalto existente de Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ). O uso do MRAF no reparo da Capa Asfáltica em substituição ao CBUQ na rodovia BR-381 pode ser considerada uma boa opção econômica, para melhoria nos reparos da pista e na liberação do tráfego. Seu emprego tem o intuito de selar, proteger e nivelar o pavimento de modo que o rejuvenesça. Segundo DNIT 035/ES (2018), quando aplicado no início das patologias, se não houver comprometimento da sua base ele manterá sua resistência, além disso possui características de aderência dos veículos na pista e, por selar o pavimento, colabora com a impermeabilização, pois auxilia na sua drenagem.

No Brasil, existe uma grande malha rodoviária e a BR-381 é um extenso corredor viário, muito importante para a economia nacional, em especial Minas Gerais. A sua duplicação proporcionou uma maior segurança no tráfego. E os reparos no asfalto são constantes. O asfalto atual aplicado nela é o CBUQ, e segundo DNIT 035/ES (2018), o MRAF é uma opção não de forma estrutural, mas para os reparos em pavimentação da capa asfáltica em rodovia sendo excelente em rejuvenescer, selar e impermeabilizar. Conseqüentemente também pode diminuir seus custos finais, como opção de escolha no tipo de reparo no pavimento.

O objetivo geral deste trabalho será de comprovar de forma técnica e matemática que quando aplicado o MRAF de forma adequada nos reparos da Rodovia BR-381, sua execução diminui seu tempo, os custos e melhora as condições de tráfego para o usuário.

O grande fluxo de veículos na Rodovia BR-381, a intensidade das precipitações, alinhadas aos ventos e o sol contribuem para o desgaste dos materiais acelerando-o na pavimentação e com isto a sua manutenção periódica é de suma importância. Ainda segundo o DNIT (2006), existem várias intervenções para a manutenção rodoviária, sendo a restauração do pavimento e a conservação rodoviária as principais. Desta forma com a aplicação do MRAF no pavimento da Rodovia BR-381 ele irá rejuvenescer, diminuindo as aquaplanagens, melhorando a aderência da pista e gerará mais conforto na direção do usuário.

2 MICRORREVESTIMENTO DE ASFALTO A FRIO (MRAF)

O MRAF é uma "mistura asfáltica a frio [...] composta por agregados[...] emulsões de ruptura controlada modificadas por polímeros, filler (cimento ou cal), aditivos e, em certos casos, fibras". (VIVONI, 2014, p.1)

ABEDA (2013) nos mostra que o MRAF vem sendo utilizado desde 1990 no Brasil, e seguindo procedimentos técnicos corretos. Se a empresa possuir um bom controle de dados nas obras (com registros e informações sobre sua aplicação), mantiver um bom controle na qualidade dos materiais e investir no treinamento de pessoal, sua aplicação melhora na qualidade. Quando a empresa investe no controle tecnológico e mantém os equipamentos com sua manutenção em dia, tornam-se fundamentais os procedimentos expedidos por ela, para sua boa execução.

A Norma DNIT 035 - ES (2018, p. 01) define a sistemática a ser empregada na execução de camada de microrrevestimento asfáltico, com a utilização de emulsão asfáltica de ruptura controlada modificada por polímero elastomérico. Já a norma DNIT 005 – TER, (2003, p.1) orienta sobre a Terminologia dos defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos. Por fim a norma DNIT 165 – EM (2013) apresenta as características gerais e específicas das emulsões asfálticas, para emprego em pavimentação.

2.1 Composição da Mistura (granulometria, filler e dosagem)

O DNIT 035 - ES (2018) propõe que a “composição granulométrica da mistura de agregados deve satisfazer aos requisitos do Quadro 1, [...] ensaiadas pelo método de ensaio estabelecido pela norma, DNER-ME 083/98”.

Quadro 1 - Composição granulométrica da mistura de agregados (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 | | | | |
| 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 |

| | | | | | |
|-------------------|-----------------------|--|---|---|-------|
| n° 50 | 0,33 | 18 - 30 | 12 - 25 | 14 - 25 | ± 5 |
| n° 100 | 0,15 | 10 - 21 | 7 - 18 | 8 - 17 | ± 3 |
| n° 200 | 0,075 | 5 - 15 | 5 - 15 | 4 - 8 | ± 2 |
| Asfalto residual | % 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/m ² | 5 - 11 | 8 - 16 | 15 - 30 | - |
| Espessura (mm) | - | 4 - 15 | 6 - 20 | 12 - 37 | - |
| Utilização | | Rodovias de média intensidade de tráfego e aeroportos. | Rodovias de tráfego pesado, Trilhas de Roda, camada de texturização ou nivelamento. | Rodovias de tráfego pesado, Trilhas de Roda, camada de texturização ou nivelamento. Normalmente executada em duas camadas | - |

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

Fonte: (DNIT 035/ES, 2018, p.4)

E a dosagem dos agregados, para a mistura do MRAF, também é normatizada pelo DNIT 035/ES, (2018), conforme Quadro 02 extraído da Norma.

Quadro 2 - Métodos e Condições de Dosagem

| Método | Resultado |
|--|--|
| NBR 14746 – Perda por abrasão úmida | Perda máxima por 1 hora / 538 g/m ² |
| NBR 14841- Determinação da adesão de areia | máximo 538 g/m ² |
| NBR 14757 - Adesividade | mínimo 90% coberto |
| NBR 14798 Coesão úmida | Mínimo 12 Kg.cm para 30 minutos Mínimo 20 Kg.cm para 60 minutos |

Fonte: (DNIT 035/ES, 2018, p.4)

2.2 Patologias em Pavimentos Asfálticos

São inúmeras as causas de defeitos no pavimento. Segundo Bernucci et al. (2010), a variação do clima pode afetar o pavimento, se estiver muito frio a temperatura reduz a viscosidade do asfalto alterando sua maleabilidade e diminuindo a sua resistência à deformação permanente. Também pode causar defeitos o grande fluxo de veículos que trafegam no pavimento, e nem sempre podemos afirmar que estão na chamada carga legal estipulada em projeto. Quando feito o dimensionamento da pista, na época em que se foi

projetada não se pode afirmar que todas as técnicas de construção foram rigorosamente seguidas e, nem mesmo que os cálculos dimensionados corretamente para época em que vivemos. Dessa forma tráfego/tempo são contribuintes diretos no desgaste do pavimento. Os tipos de defeitos são normatizados e uma política de conservação preventiva com equipamentos corretos para levantamento de dados contribui para evitarmos o aparecimento de novos defeitos, aumentando a vida útil do pavimento e beneficiando o usuário.

2.3 Defeitos e Falhas Provindos dos Agregados e seu Controle

Segundo Vivone (2014), “tentar pular etapas, seja na dosagem, na aplicação ou no controle, é um convite ao insucesso.” Nesse sentido, Abeda (2014) cita que aditivo inadequado ou em excesso poderá acarretar no aumento ou redução do tempo de cura. O excesso de água na mistura, a superfície ficará com diferenças de cor, lisa e brilhosa, diminuirá a resistência, ela ficará muito fluida e haverá uma migração da mistura da água ou emulsão da mistura espalhada nela. A falta de água atrapalha sua trabalhabilidade, causando má adesão à base. Para o controle ideal é preciso verificar o controle de dosagem, conferir os tipos de aditivos, verificar sempre o controle de umidade dos agregados e ficar atento a dosagem de água na mistura. E seu controle de qualidade depende da granulometria, do estudo de controle de dosagem, inspeção na umidade do *filler* e verificação da qualidade através do ensaio de Equivalente de Areia. Abeda (2014) afirma que se há excessos de finos o pavimento ficará com a superfície mais fechada e bem mais lisa, aumentando sua ruptura. Por outro lado, a falta de finos ou finos de má qualidade nas misturas, a superfície ficará mais rugosa, a cura do material levará mais tempo, a mistura terá uma consistência mais baixa levando o escorrimento de emulsão ou água. Além disso, o pavimento ficará manchado, haverá aumento do consumo de aditivo, aumento do consumo de água e possivelmente uma má adesão a base. Ainda há segregação do filler nas massas o que acarretará em manchas claras e pontos de filler nas misturas.

2.4 Defeitos nos pavimentos

Fenda é um tipo de patologia e pode ser considerada “qualquer descontinuidade na superfície do pavimento, que conduza a aberturas de menor ou maior porte, apresentando-se sob diversas formas”. (DNIT, 2003, p. 02).

Já a fissura pode possuir uma largura de um fio de cabelo. As Trincas possuem larguras maiores com vários tipos de divisões definidas conforme ilustrado no Quadro 03.

QUADRO 03 – Quadro Resumo dos defeitos – Fendas – Fissuras - Trincas

| FENDAS | | | | CODIFICAÇÃO | CLASSE DAS FENDAS | | |
|---|----------------------|---|---|-------------|-------------------|------|------|
| Fissuras | | | | FI | - | - | - |
| Trincas no revestimento geradas por deformação permanente excessiva e/ou decorrentes do fenômeno de fadiga | Trincas Isoladas | Transversais | Curtas | TCC | FC-1 | FC-2 | FC-3 |
| | | | Longas | TTL | FC-1 | FC-2 | FC-3 |
| | Longitudinais | Curtas | TLC | FC-1 | FC-2 | FC-3 | |
| | | Longas | TLL | FC-1 | FC-2 | FC-3 | |
| | Trincas Interligadas | “Jacaré” | Sem erosão acentuada nas bordas das trincas | J | - | FC-2 | - |
| | | | Com erosão acentuada nas bordas das trincas | JE | - | - | FC-3 |
| Trincas no revestimento não atribuídas ao fenômeno de fadiga | Trincas Isoladas | Devido à retração térmica ou dissecação da base (solo-cimento) ou do revestimento | | TRR | FC-1 | FC-2 | FC-3 |
| | Trincas Interligadas | “Bloco” | Sem erosão acentuada nas bordas das trincas | TB | - | FC-2 | - |
| | | | Com erosão acentuada | TBE | - | - | FC-3 |
| FC-1: são trincas com abertura superior à das fissuras e menores que 1,0mm. FC-2: são trincas com abertura superior a 1,0mm e sem erosão nas bordas. FC-3: são trincas com abertura superior a 1,0mm e com erosão nas bordas. | | | | | | | |

Fonte: DNIT (2003, p. 04)

E quanto a deformação permanente do pavimento, a norma estabelece que: “caracterizada por depressão da superfície [...] acompanhada, ou não, de levantamento, podendo apresentar-se sob a forma de afundamento plástico ou de consolidação”. (DNIT, 2003, p. 02). Existem também outras deformações na Norma DNIT (2003) que são ondulação ou corrugação, escorregamento, exsudação, desgaste, panela ou buraco e remendos superficial ou profundo, conforme Quadro 04.

Quadro 04 – Quadro Resumo dos defeitos – Fendas – Outros defeitos

| OUTROS DEFEITOS | | | | CODIFICAÇÃO |
|-----------------|----------|-------|---|-------------|
| Afundamento | Plástico | Local | Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito | ALP |

| | | | | |
|---|------------------------|---------------------|--|-----|
| | | da Trilha | Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito | ATP |
| | De Consolidação | Local | Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito | ALC |
| | | da Trilha | Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito | ATC |
| Ondulação/Corrugação - Ondulações transversais causadas por instabilidade da mistura betuminosa constituinte do revestimento ou da base | | | | O |
| Escorregamento (do revestimento betuminoso) | | | | E |
| Exsudação do ligante betuminoso no revestimento | | | | EX |
| Desgaste acentuado na superfície do revestimento | | | | D |
| “Painelas” ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores | | | | P |
| Remendos | | Remendo Superficial | | RS |
| | | Remendo Profundo | | RP |
| FC-1: são trincas com abertura superior à das fissuras e menores que 1,0mm. FC-2: são trincas com abertura superior a 1,0mm e sem erosão nas bordas. FC-3: são trincas com abertura superior a 1,0mm e com erosão nas bordas. | | | | |

Fonte: DNIT (2003, p. 04)

Segundo Silva (2008), primeiro devemos identificar a causa, depois fazemos uma visita na obra e levantarmos o histórico da obra: os dados de tráfego e clima, idade, exposição do subleito, problemas na construção, exposição ao tráfego e conhecermos, se possível, o projetista para colher informações importantes do projeto.

2.5 Dos cuidados da recuperação de um pavimento com MRAF

Segundo Silva (2008), a estação do ano é muito importante para se fazer os reparos. Em meses muito úmidos, é preciso tomar muito cuidado para fazer o reparo no pavimento asfáltico, pois o reparo não ficará bom, retardam a evaporação da água ou do solvente diluído na massa, tornando lenta a cura. Desta forma o MRAF torna-se bastante recomendado para tráfegos pesados e médios com uma vida útil de até 8 anos na espessura de 2,50 cm.

Antes de se aplicar o MRAF, a área defeituosa deverá estar limpa com vassouras manuais ou mecânicas de forma que o local fique mais limpo possível.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para este trabalho a implementação dos serviços de reparos e manutenção para Rodovia BR-381 foi executada através da Empresa Construtora Brasil (ECB), localizada no km 650 da Rodovia Fernão Dias, no Município de Santo Antônio do Amparo/MG, sob Concessão da Empresa Arteris S/A. Sendo a ECB responsável pelo lote do Km 477 – Belo Horizonte/MG ao km 90 São Paulo/SP, aproximados 567,00 km duplicados, embora a rodovia possua uma extensão de 1181,00 km.

De modo a comprovar o objetivo geral deste trabalho, nos meios técnicos e matemáticos que ao aplicar o MRAF, de forma adequada nos reparos da rodovia BR-381, sua execução diminui seu tempo, os custos e melhora as condições de tráfego para o usuário.

Figura 1 - Canteiro Central - ECB - Santo Antônio do Amparo/MG



Fonte: O Autor (2020)

A característica do material empregado na pista contempla Brita 00, Pó de pedra e Cal, porcentagem no traço de 36,0%, 63,0% e 1,0% respectivamente, fornecido pela Pedreira Brita Sul, de Pouso Alegre-MG. Sua aplicação varia entre 4 e 20 mm podendo ser aplicado em duas camadas. A composição granulométrica da empresa fornecedora dos materiais, atende aos critérios da Norma DNIT 035/ES (2018), conforme nos mostra a tabela abaixo.

Tabela 1 - Composição granulométrica da mistura de agregados (Pedreira Brita Sul)

| COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA | | | | | |
|---------------------------|----------|------------------------|-------|----------|---------|
| PENEIRAS | DIÂMETRO | AGREGADOS (% PASSANDO) | FAIXA | FAIXA DE | MISTURA |

| N° | mm | | | | | | | ESPECIFICADA | | TRABALHO | | % |
|--------|-------|-------|-------|-------|---|---|---|--------------|-------|----------|-------|-------|
| | | A | B | C | D | E | F | MIN | MAX | MIN | MAX | |
| 2" | 50,8 | | | | | | | | | | | |
| 1" | 25,4 | | | | | | | | | | | |
| 3/4" | 19,1 | | | | | | | | | | | |
| 1/2" | 12,7 | | | | | | | | | | | |
| 3/8" | 9,51 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | | | | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| 1/4" | 6,38 | | | | | | | | | | | |
| N° 4 | 4,76 | 57,8 | 100,0 | 100,0 | | | | 70,0 | 90,0 | 79,8 | 89,8 | 84,8 |
| N° 8 | 2,38 | 4,0 | 75,4 | 100,0 | | | | 45,0 | 70,0 | 44,9 | 54,9 | 49,9 |
| N° 10 | 2,00 | | | | | | | | | | | |
| N° 16 | 1,20 | 2,2 | 53,5 | 100,0 | | | | 28,0 | 50,0 | 30,5 | 40,5 | 35,5 |
| N° 20 | 0,80 | | | | | | | | | | | |
| N° 30 | 0,60 | 1,7 | 36,4 | 100,0 | | | | 19,0 | 34,0 | 19,5 | 29,5 | 24,5 |
| N° 40 | 0,42 | | | | | | | | | | | |
| N° 50 | 0,30 | 1,5 | 26,6 | 100,0 | | | | 12,0 | 25,0 | 14,3 | 22,3 | 18,3 |
| N° 80 | 0,18 | | | | | | | | | | | |
| N° 100 | 0,15 | 1,2 | 16,7 | 100,0 | | | | 7,0 | 18,0 | 9,0 | 15,0 | 12,0 |
| N° 200 | 0,074 | 0,9 | 9,8 | 90,1 | | | | 5,0 | 15,0 | 5,4 | 9,4 | 7,4 |

Fonte: O Autor (2020)

Inicialmente o Autor realizou visitas em loco nos Trechos km 70 ao km 80 Norte (sentido BH e ao mencionar “Sul” sentido SP), de forma qualitativa identificou-se as patologias no pavimento, essas patologias são normatizadas, conforme Norma DNIT 035/ES (2018), conforme figura abaixo.

Figura 2 - Trincas interligadas com erosão “Jacaré” - JE



Fonte: O Autor (2020)

Com seus blocos de anotações foram anotadas, no km 76+335 ao 76+505 Fissuras - FI e Exsudação do ligante betuminoso no revestimento, na terceira faixa - EX. Pouco a frente no

km 76+415 ao 76+823 trincas interligadas com erosão tipo “Jacaré” JE, conforme apresentado na figura 3.

Figura 3 - Fissura com Exsudação do Ligante - FIEEX



Fonte: O Autor (2020)

Foram diagnosticadas mais algumas imperfeições da capa de asfalto no km 76+480 ao 76+823 Trincas Isoladas - Longitudinais - Longas TLL, conforme figura 4.

Figura 4 - Trincas Isoladas - Long. - Longas TLL



Fonte: O Autor (2020)

Abaixo um resumo das patologias acompanhadas:

Tabela 2 - Resumo das Patologias

| Rodovia Fernão Dias - BR-381 - Defeitos Acompanhados | | | | | | | |
|--|----------|-------|-------------|----------|------------------------|-----------------|-----------------------------------|
| km inicial | km final | Pista | Largura (m) | Comp (m) | Área (m ²) | Classe da Fenda | Defeito |
| 76+355 | 76+505 | Sul | 3,69 | 170 | 627,30 | JE | Jacaré |
| 76+415 | 76+823 | Sul | 3,87 | 408 | 1578,96 | FIEX | Exsudação do Ligante |
| 76+480 | 76+823 | Sul | | | | TLL | Trincas Isoladas - Long. - Longas |
| | | | | | 0,00 | | |
| Total (m ²) | | | | | 2206,26 | | |

Fonte: O Autor (2020)

Em seguida acompanhamos uma frente de serviço executando uma pintura de ligação em uma fenda para futuro reparo, e sinalização com fechamento parcial da pista conforme figura abaixo.

Figura 5 - Pintura de ligação



Fonte: O Autor (2020)

Logo a frente no meio do percurso, o serviço estava intenso com a frente de serviço da equipe de Fresagem da capa de asfalto, a pista estava com um corte de aproximadamente +/- 5,00 cm e sinalizada devido à execução da atividade e do degrau da pista, devido ao corte da Fresadora de Asfalto, conforme figura 6.

Figura 6 - Fresagem de asfalto a frio



Fonte: O Autor (2020)

Continuamos a deslocar para identificarmos mais algumas patologias e seguimos para o Km 70+42 faixa Norte (sentido BH) para acompanhar a aplicação do MRAF, conforme nos mostra a figura 7.

Figura 7 - Aplicação do MRAF



Fonte: O Autor (2020)

O tempo limpo favorece a aplicação do asfalto, a Usina Móvel estava aplicando MRAF na espessura de 3,00cm, com o Auxiliar de Asfalto acompanhando com o gabarito para conferir a altura da capa. A medida que a Usina Móvel percorria aplicando o MRAF ao longo da pista observava-se o acabamento do bordo da rodovia, conforme figura 8 e figura 9.

Figura 8 - Aplicação do MRAF



Fonte: O Autor (2020)

Figura 9 - Aplicação do MRAF



Fonte: O Autor (2020)

Mais a frente continuamos a transitar pela pista, ao chegarmos no trecho km 523+250 Sul, encontramos os Rasteiros fazendo acabamento na emenda da Capa no final da aplicação do MRAF, e pouco a frente no km 903+168 em outra frente de Serviço no trecho da pista a Usina Móvel aplicando a capa de MRAF na pista.

Figura 10 - Rastelando a Capa para Acabamento



Fonte: O Autor (2020)

Figura 11 - Aplicação do MRAF



Fonte: O Autor (2020)

Nota-se pela ilustração da imagem a qualidade da capa aplicada, serviço é executado de forma simples e objetiva. Onde uma pista conserva-se bloqueada e a outra faixa livre para trânsito em baixa velocidade.

4 RESULTADO E DISCUSSÕES

No estudo apresentado, um aspecto que nos chama a atenção é o procedimento de aplicação quanto da recomposição da capa de asfalto, se é executada com CBUQ para fazer esta restauração são necessários cortes profundos de até 15,0 cm ou mais na camada asfáltica. Com a aplicação do MRAF é feito um corte superficial entre 2,0 cm a 4,0 cm no pavimento, com uma Fresadora de asfalto de grande porte, com capacidade de fresagem 3000 m²/h, dependendo do modelo do equipamento acionado para o serviço, e tambor fresador executando o corte com a largura de 200 cm e profundidade +/- 3cm conforme orientação técnica e necessidade do pavimento, devido a altura das patologias encontrada na inspeção prévia.

Figura 12 - Corte da camada superior do pavimento (Capa)



Fonte: O Autor (2020)

Conforme apresentado pelo Autor, Resumo das Patologias, no quilômetro (km) inicial 76+355 até o km final 76+505 na Pista Sul foram encontrados patologias tipo Jacaré, com largura da faixa para manutenção de 3,69 metros e com extensão de 170, 00 metros totalizando uma área de 627,30 m². Nos km inicial 76+415 e 76+480 km final 76+823 e 76+823 na Pista Sul com largura da faixa 3,87 metros e comprimento de 408,00 metros totalizando uma área de 1578,96 m² com exsudação do Ligante que é causada pelo acúmulo de água gerando falhas na adesividade do ligante. Somando um total de 2206, 26 m² para o Serviço de recapeamento.

Na recomposição do serviço após a extrusão da capa, a Usina de Micropavimento, mistura os agregados, acompanhando os critérios da Composição granulométrica da mistura

de agregados, fornecida pela empresa Britasul, onde nos mostra um número de finos passante em quase 91% na faixa C produzindo o microrrevestimento direito na frente de serviço evitando ligar a Usina de CBUQ no canteiro Central, diminuindo os custos do serviço. Devido aos agregados finos serem empregados na composição do MRAF, somente a superfície da capa asfáltica é retirada tornando o procedimento mais rápido. Desta forma com o corte de pavimento menos profundo ganha-se produtividade no serviço, com número reduzido caminhões para transporte da Moafa (rejeito de corte de asfalto), diminuição dos equipamentos e pessoal para execução do serviço.

Aplicando o MRAF na cavidade do pavimento, com sua mesa a Usina de Micropavimento espalha e mistura todos os seus componentes de forma homogênea, cobrindo com a massa toda extensão de sua largura e profundidade, alinhando com o greide do pavimentos lateral, deixando sua superfície sem degraus e uniforme, conforme figura abaixo:

Figura 13 - Recomposição da Capa do Pavimento com o MRAF



Fonte: O Autor (2020)

Outro aspecto merecedor de uma análise são os custos de cada pavimentação. Os valores de orçamento são reais mas de forma genérica neste trabalho, os dados utilizados da pista são os mesmo (km inicial 76+355 ao km final 76+505, pista Sul, larg. 3,69 m, comp 170 m, área 627,30 m²) para restauração em pavimento CBUQ e correção da capa em MRAF, conforme orçamento abaixo:

Tabela 3 - Orçamento CBUQ

| 1- ASFALTO - CBUQ | | | | | |
|-------------------|---|----------------|--------|------------|----------------------|
| ITEM | DESCRIÇÃO DO ITEM | UN | QUANT | PREÇO UNIT | VALOR TOTAL |
| 1 | ASFALTO CBUQ | | | | R\$ 67.514,83 |
| 01.01 | Execução de imprimação c/ asfalto diluído em-30 | m ² | 627,30 | R\$ 8,02 | R\$ 5.030,95 |
| 01.02 | Corte em pavimento de asfalto | m | 170,00 | R\$ 17,62 | R\$ 2.995,40 |
| 01.03 | Escavação, carga, descarga e transporte | m ³ | 120,00 | R\$ 13,52 | R\$ 1.622,40 |

| | | | | | |
|-------|---|----------------|--------|------------|---------------|
| 01.04 | Motoniveladora | h | 24,00 | R\$ 163,05 | R\$ 3913,20 |
| 01.05 | Rolo compac. vibratório pé de carneiro p/ solos | h | 16,00 | R\$ 25,59 | R\$ 409,44 |
| 01.06 | Rolo compac. vibratório de um cilindro aço liso | h | 24,00 | R\$ 55,06 | R\$ 1321,44 |
| 01.07 | Trator de pneus, com vassoura mecânica acoplada | h | 16,00 | R\$ 14,94 | R\$ 239,04 |
| 01.08 | Trator de pneus, com grade de discos acoplada | h | 12,00 | R\$ 16,19 | R\$ 259,04 |
| 01.09 | Caminhão Pipa 10.000 l trucado água | h | 24,00 | R\$ 121,59 | R\$ 2.918,16 |
| 01.10 | Reposição de pavimentação asfáltica, fornecimento e aplicação de CBUQ | m ² | 627,30 | R\$ 68,57 | R\$ 43.013,96 |
| 01.11 | Vibroacabadora de asfalto | h | 26,00 | R\$ 127,94 | R\$ 3326,44 |
| 01.12 | Caminhão de transporte de material asfáltico | h | 8,00 | R\$ 308,17 | R\$ 2465,36 |

Fonte: O Autor (2020)

Tabela 4 - Orçamento MRAF

| 2- MICRO REVESTIMENTO A FRIO - MRAF | | | | | |
|-------------------------------------|---|----------------|--------|------------|----------------------|
| ITEM | DESCRIÇÃO DO ITEM | UN | QUANT | PREÇO UNIT | VALOR TOTAL |
| 02 | MRAF | | | | R\$ 40.106,59 |
| 02.01 | Fresadora de asfalto a frio sobre rodas, largura fresagem de 2,0 m | h | 8,00 | R\$ 462,61 | R\$ 7.401,76 |
| 02.02 | Transporte de material, com caminhão basculante, com ciclo definido e dmt até 50m | t | 30,00 | R\$ 1,71 | R\$ 51,30 |
| 02.03 | Impermeabilização - Aplicação de Frioasfalto - 02 demãos | m ² | 627,30 | R\$ 41,78 | R\$ 26.208,59 |
| 02.04 | Usina Móvel de asfalto sobre esteiras, largura de pavimentação 2,13 m a 4,55 m | h | 8,00 | R\$ 266,02 | R\$ 4.256,32 |
| 02.05 | Caminhão pipa 10.000 l trucado água | h | 8,00 | R\$ 121,59 | R\$ 2.188,62 |

Fonte: O Autor (2020)

Com base nesses dois orçamentos podemos perceber uma diferença na estrutura e quantidades de itens, no orçamento 1 o custo operacional somado ao custo executivo de obra se torna 40% mais oneroso, se considerar a segurança do trabalho da obra e também do canteiro de obras, de forma igual para os dois. Além disso, apresentou um tempo relativamente maior para a mesma execução, somado também com o tempo para ligar a Usina de Asfalto, o transporte da massa e de todas as máquinas que compõem sua execução. A mobilização para iniciar o serviço, pode a grosso modo considerá-la igual, mas a desmobilização com a aplicação do MRAF se torna entre 2 ou 3 dias mais rápido, diminuindo o tempo de obra, em consequência o trânsito liberado mais rápido. Conforme já observado neste trabalho.

Para o cálculo do orçamento os Benefícios e Despesas Indiretas (BDI) foi de 23,24%. A aplicação do MRAF pelo fato de retirar somente a camada superficial do pavimento da Rodovia o rejuvenesce, pois essa nova capa auxilia na sua conservação interna e por ser porosa devida sua composição melhora a adesividade do pavimento, além de ajudar a regularizar irregularidades onde auxilia no escoamento pluvial.

5 CONCLUSÃO

A aplicação do MRAF é um procedimento relativamente novo aqui no Brasil, e o MRAF não substitui a execução do Asfalto em CBUQ, mas o auxilia na sua recomposição, pelo fato de retirar somente a camada superficial da capa o rejuvenesce, auxilia na sua conservação, devido a sua porosidade melhora a adesividade, o nivelamento, a drenagem e ainda diminui o custo final, beneficiando a todos que necessitam desse bem tão precioso.

Retomando nossa pergunta inicial, comprovar de forma técnica e matemática que quando aplicado o MRAF de forma adequada nos reparos da Rodovia BR-381, na sua execução diminuiu o tempo, o custo operacional e melhorou as condições de tráfego para o usuário, com a liberação da pista ao desmobilizar no trecho em obras em um tempo menor.

Como apresentado pode-se, comprovar o objetivo geral deste trabalho acompanhando a aplicação do MRAF de forma adequada nos reparos da Rodovia BR-381, pelo fato do corte da capa na pista ser raso a sua execução diminuir o tempo na aplicação com menor quantidade de massa asfáltica, o renovando e ainda mantendo a mesma resistência para os esforços causados devido ao fluxo de veículos que ali trafegam.

O ponto negativo que nos chama a atenção é o procedimento de aplicação quanto da recomposição da capa de asfalto, se é executada com CBUQ para fazer esta restauração são necessários cortes profundos na camada asfáltica. Isso não acontece com a aplicação do MRAF, pois é feito um corte superficial no pavimento, com uma Fresadora de asfalto de grande porte. Neste trabalho foi coberta uma área total de 2206,26 m² para o serviço de recapeamento. Com o corte no pavimento de forma superficial ganha-se produtividade, reduz o número de equipamentos e pessoal para execução do serviço.

Outro aspecto merecedor de uma análise são os custos de cada pavimentação. Com base nesses dois orçamentos apresentados, podemos observar uma diferença na estrutura e nas quantidades de itens, quando no orçamento do CBUQ o custo operacional somado ao custo executivo da obra ele se torna 40% mais oneroso.

Desta forma com a aplicação do MRAF no pavimento da Rodovia BR-381, ele irá o rejuvenescer, nivelar, melhorar sua aderência em consequência gerar maior conforto na direção do usuário. Além de drenar as precipitações para as sarjetas evitando aquaplanagens.

COLD ASPHALT MICROCOATING (MRAF) AS AN OPTION IN THE REPAIR OF THE ASPHALT COVER IN PATHOLOGIES ON HIGHWAY BR 381 - STRETCH OF BELO HORIZONTE /MG km 477 To São Paulo/SP km 90

ABSTRACT

This work demonstrates the application of cold asphalt Micro-Surfacing (MS) as an option in the repair of the asphalt cover in pathologies on the BR 381 highway. This approach is necessary due to the intense wear and tear caused on the highway due to the large flow of vehicles on highway BR-381, the intensity of precipitation, aligned with winds and the sun contribute to the wear of materials, making their periodic maintenance of paramount importance. The objective of this work will be to prove in a technical and mathematical way that when applied to the MS adequately in the repairs of highway BR-381, its execution reduces its time, costs and improves traffic conditions for the user. This task will be achieved through visits along the track and qualitatively identify the pathologies on the pavement, there are numerous causes, sizes and models of defects in the pavement and this comparison describes the Methodology of The MS as a cold asphalt mixture, composed of aggregates being a great aid in the recomposition in the layer of the Asphalt Cover of highway BR 381. There are numerous defects in the floors, called The Rift, subdivided into Cracks and Cracks. And in the visit on site, carried out by the Author, in the direction of BH and in the direction of SP of the track range of BR-381, qualitatively, with the field team, the pathologies on the pavement were identified The study demonstrated and proved that the MS decreases costs, due to the use of a mini plant in the application, avoiding connecting the Asphalt Plant in the company's yard. With less time is released traffic on the track faster..

Keywords: Pathology. Defect. Highway. Fernão Dias. Br-381. CBUQ. Cauq. Mraf. Bituminous concrete. Asphalt Concrete. Cold microcoating. Micro-Surfacing.

6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE ASFALTO (ABEDA): **Diretrizes para Execução e Controle da Qualidade de Microrrevestimento Asfáltico a Frio**. Rio de Janeiro: Informativo Técnico 1v, nº 06, 2013. Disponível em: <<http://www.abeda.org.br/download/194/>> Acesso em: 15 março 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE ASFALTO (ABEDA): **Diretrizes para Execução de Microrrevestimento Asfáltico a Frio**. São Paulo: Boletim Técnico 1v, nº 02, 2014. Disponível em: <<http://www.sinicesp.org.br/materias/2014/bt02a.htm/>> Acesso em: 30 março 2020.

BERNUCCI, Liedi Bariani et al. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Cap. 09, 3ª Reimp. Rio de Janeiro: Petrobrás: Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto, 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT), **NORMA DNIT 005/2003 - TER**. Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos Terminologia. 12 p. Rio de Janeiro. 2003. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/terminologia-ter/dnit005_2003_ter.pdf> acesso em 20 mar. 2020.

_____**NORMA DNIT 165/2013 - EM**. Emulsões asfálticas para pavimentação – Especificação de material. Rio de Janeiro, RJ. 5 p. 2013. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/especificacao-de-material-em/dnit165_2013_em.pdf> acesso em 20 mar. 2020.

_____**Manual de Pavimentação**. Publicação IPR-719, 3ª ed. Rio de Janeiro, RJ, 2006.

_____**NORMA 035/2018 - ES**. Pavimentação asfáltica: Microrrevestimento, asfáltico. Especificação de serviço. Rio de Janeiro, abr. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/especificacao-de-servico-es/dnit035_2018_es.pdf> Acesso em 21 mar. 2020.

SILVA, P. F. A. **Manual de Patologias e Manutenção de Pavimentos**. São Paulo: PINI. 2ª ed. p. 128. jul. 2008.

VIVONI, Alexander Marcos. SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO PESADA DO ESTADO DE SÃO PAULO (SINICESP). **Análise das especificações de Microrrevestimento asfáltico a frio**. São Paulo: Boletim Técnico, nº 10, 2014. [s/p]. Disponível em: <<http://www.sinicesp.org.br/materias/2014/bt10a.htm>> Acesso em 21 mar. 2020.