



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Engenharia
Curso de Especialização: Produção e Gestão
do Ambiente Construído

DANIELE ANDRADE SILVA

TÉCNICAS DE CONSERVAÇÃO E RESTAURAÇÃO
DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

Belo Horizonte,
2018.

DANIELE ANDRADE SILVA

TÉCNICAS DE CONSERVAÇÃO E RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

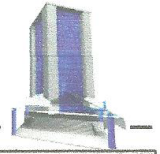
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Especialização em Produção e Gestão do Ambiente Construído do departamento de Engenharia de Materiais e Construção, da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

**Orientador: Sidnea Eliane Campos
Ribeiro**

**Belo Horizonte,
2018.**

S586t	<p>Silva, Daniele Andrade. Técnicas de conservação e restauração de pavimentos flexíveis [recurso eletrônico] / Daniele Andrade Silva. – 2018. 1 recurso online (57 f. : il., color.) : pdf.</p> <p>Orientadora: Sidnea Eliane Campos Ribeiro.</p> <p>“Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Produção e Gestão do Ambiente Construído da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais”</p> <p>Bibliografia: f. 52-53. Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.</p> <p>1. Construção civil. 2. Pavimentos de asfalto - Manutenção e reparos. 3. Engenharia rodoviária. 4. Rodovias - Pavimentos. 5. Tráfego. 6. Rodovias - Manutenção e reparos. 7. Custo. I. Ribeiro, Sidnea Eliane Campos. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.</p>
-------	---

CDU: 69



ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA

ALUNO: DANIELE ANDRADE SILVA

MATRÍCULA: 2018692385

RESULTADO

Aos 29 dias do mês de maio de 2019 realizou-se a defesa da MONOGRAFIA de autoria do aluno acima mencionado sob o título:

“TÉCNICAS DE CONSERVAÇÃO E RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS”

Após análise, concluiu-se pela alternativa assinalada abaixo:

APROVADO

APROVADO COM CORREÇÕES

REPROVADO

NOTA: 80


CONCEITO: B

BANCA EXAMINADORA:

Nome

Prof. Dr.ª Sidnea Eliane Campos Ribeiro

Assinatura



Nome

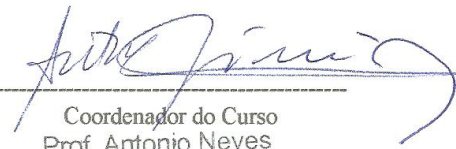
Prof. Dr.ª Danielle Meireles de Oliveira

Assinatura



O candidato faz jus ao grau de "ESPECIALISTA NA ÁREA DE "TECNOLOGIA E GESTÃO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO"

Belo Horizonte, 29 de maio de 2019



Coordenador do Curso
Prof. Antonio Neves
de Carvalho Júnior

Coordenador do Curso

EPÍGRAFE

“Fiz o melhor que pude na corrida, cheguei até o fim, conservei a fé. “

(2Timóteo 4:7 NTLH.)

RESUMO

Com o tempo, a pavimentação asfáltica perde qualidade na superfície de rolamento, sendo necessária uma intervenção com uma solução adequada de manutenção e conservação para recuperar seu estado de serventia. Ao longo do seu ciclo de vida, um pavimento rodoviário tem ações climáticas e do próprio tráfego, que contribuem para uma diminuição progressiva da qualidade das características mecânicas e funcionais dos materiais. Normalmente essas solicitações contribuem com as patologias, as quais afetam a segurança de circulação rodoviária. O trabalho tem por objetivo demonstrar a importância de gestão na manutenção e conservação do pavimento asfáltico através de uma pesquisa junto a uma concessionária responsável por manutenção e conservação da Rodovia Raposo Tavares em SP. Foram registradas as manifestações patológicas mais comuns em pavimentos flexíveis e as devidas medidas de restauração empregadas pela administradora da rodovia, podendo-se observar que é possível realizar as intervenções adequadas para cada tipo de irregularidade no pavimento desde que exista uma equipe preparada para execução de cada etapa, além dos equipamentos em bom estado de conservação e análise prévia das características do trecho e do tráfego de veículos. Considera-se que o conhecimento técnico sobre manifestações patológicas em pavimentos flexíveis e atividades corretivas eficientes e responsáveis pode oferecer maior vida útil as vias de acesso pavimentadas trazendo maior conforto, segurança e economia aos usuários além de evitar ações ineficazes, trazendo custos e retrabalho contribuindo para as más condições de tráfego.

Palavras-chave: pavimento flexível. restauração de pavimentos. conservação de pavimento flexível.

ABSTRACT

Over time, asphalt paving loses quality on the rolling surface, requiring intervention with an appropriate maintenance and conservation solution to restore its usable state. Throughout its life cycle, a road surface experiences climate and traffic effects, which contribute to a progressive decrease in the quality of the materials' mechanical and functional characteristics. Typically, these requests contribute to pathologies, which affect road traffic safety. This study demonstrates the importance of management in the maintenance and conservation of asphalt pavement through research with a concessionaire responsible for maintenance and conservation of the Raposo Tavares Highway in SP. The most common pathological manifestations in flexible pavements and the appropriate restoration measures employed by the highway administrator were recorded. It can be observed that it is possible to carry out appropriate interventions for each type of irregularity in the pavement if there is a team prepared to carry out each stage, in addition to equipment in good condition and prior analysis of the characteristics of the section and vehicle traffic. It is considered that technical knowledge about pathological manifestations in flexible pavements and efficient and responsible corrective activities can offer a longer useful life to paved access roads, bringing greater comfort, safety, and savings to users, in addition to avoiding ineffective actions, bringing costs and rework, contributing to poor traffic conditions.

Keywords: flexible pavement. flexible pavement restoration. flexible pavement preservation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01- Estruturas do pavimento.....	13
Figura 02- Tipos de pavimentos.....	14
Figura 03- Classificação dos revestimentos	18
Figura 04- Fendas.....	22
Figura 05- Fendas.....	22
Figura 06- Fissuras e trincas.....	23
Figura 07- Afundamento.....	24
Figura 08- Afundamento.....	24
Figura 09- Escorregamento.....	25
Figura 10- “Panela”	26
Figura 11- Remendos.....	26
Figura 12- Processo de recapeamento.....	29
Figura 13- Processo de fresagem.....	30
Figura 14- Pista após fresagem	30
Figura 15- Trecho com defeito (antes).....	36
Figura 16- Trecho fresado com pintura de ligação e CBUQ (durante).....	37
Figura 17: Trecho com execução do remendo finalizado (Depois).....	38
Figura 18: Trecho com defeito (antes).....	39
Figura 19- Trecho fresado com aplicação de emulsão asfáltica (durante).....	40
Figura 20- Aplicação da massa asfáltica (durante).....	40
Figura 21- Trecho com fresagem e recomposição finalizada (depois).....	41
Figura 22- Aplicação do Microrrevestimento asfáltico com multidistribuidora.....	42
Figura 23- Aplicação da segunda Camada (Durante).....	44
Figura 24- Delimitação do trecho com defeito (antes).....	46
Figura 25- Delimitação do trecho com defeito (antes) (durante).....	47
Figura 26- Compactação do fundo da caixa (durante).....	47
Figura 27- Compactação da camada de rachão (antes).....	48
Figura 28- Compactação da bica corrida com rolo liso.....	48
Figura 29: Espalhamento da Brita Graduada Simples com caminhão Basculante...	49
Figura 30: Compactação de BGS com rolo liso vibratório (durante).....	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Codificação e classificação das fendas.....	21
Quadro 02: Codificação e classificação de Afundamentos.....	21
Quadro 03: Segmento de restauração do pavimento em estudo.....	35

LISTA DE MAPAS

Mapa 1: Trecho de Concessão.....	34
----------------------------------	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. PAVIMENTO	13
2.1 Histórias do Pavimento mundial	14
2.2 Histórias do Pavimento no Brasil	16
2.3 Revestimentos Asfálticos	17
2.3.1 Revestimentos Flexíveis	18
2.3.1.1 Revestimentos Flexíveis Betuminosos	18
2.3.1.2 Revestimentos Flexíveis por calçamento	19
2.3.2 Revestimentos Rígidos	19
2.4 Defeitos em pavimentos flexíveis	19
3. PROCESSO DE RESTAURAÇÃO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL	27
3.1 Recuperação das Fendas /Trincas	28
3.2 Recuperação dos Afundamentos	29
3.3 Recuperação das Ondulações / Corrugações	31
3.4 Recuperação de Panelas	31
3.5 Recuperação de Desagregação	32
4. METODOLOGIA – ESTUDO DE CASO	33
4.1 Descrição do trecho/Local	33
4.2 Descrição das etapas de definição das atividades de manutenção e conservação.	34
4.2.1 Remendos	35
4.2.2 Fresagem e recomposição	38
4.2.3 Microrrevestimento asfáltico à frio	41
4.2.4 Tratamento superficial duplo com adição de borracha	43
4.2.5 Reparos profundos com pedra rachão e brita graduada simples (BGS)	44

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52

1. INTRODUÇÃO

A pavimentação é de importância muito significativa para a população em um Mundo globalizado é impossível não necessitar de vias pavimentadas para se locomover. Obviamente que em alguns locais nem sempre há uma pavimentação adequada, ou nem mesmo qualquer pavimentação, mas é importante que se entenda que um projeto de um pavimento bem estruturado e bem executado pode trazer benefícios não só para motoristas e sim para a população como um todo.

De acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) muitos acidentes acontecem devido a uma má pavimentação, muitas vezes os motoristas não têm como escapar das falhas das vias por elas estarem espalhadas pelo trajeto todo, mas isso não é uma questão impossível de se solucionar. Antes da execução de qualquer obra é necessário o seu planejamento para que o projeto seja realizado de forma adequada para o local. Mas além do projeto para construir o pavimento, após o uso, a manutenção do pavimento é necessária para que se possa evitar uma grande obra para reconstruir o pavimento prematuramente.

Os custos de uma obra de pavimentação podem ser bastante elevados, porém se forem feitos corretamente respeitando os parâmetros do projeto e etapas da construção haverá uma economia com futuros danos devido a má qualidade das vias, tanto para os usuários como para o governo.

Os pavimentos, por definição do DNIT 2005, estão sujeitos ao tráfego de veículos, intempéries e variadas temperaturas. Tais solicitações causam uma inerente deterioração, independente da qualidade do projeto ou da execução da obra. A manutenção e reabilitação consistem em uma atividade de suma importância para ampliar a vida útil e fornecer condições adequadas de conforto e segurança aos usuários.

A correta avaliação dos pavimentos, tipos de defeitos, causas, métodos de avaliação e a sua conservação, auxiliam na hierarquização de prioridades e alternativas de intervenção.

Segundo Mendonça Filho e Azevedo (2018) os pavimentos podem ser divididos em dois tipos – flexível e rígido. Os pavimentos flexíveis são aqueles compostos por revestimento asfáltico (CAUQ). Já os pavimentos rígidos são aqueles

em que o revestimento é constituído por placas de concreto de cimento Portland (PCS). Esse estudo restringirá aos pavimentos flexíveis, pois a maioria das vias pavimentadas são composta por pavimentos flexíveis, onde conforme Bernucci *et al.* (2008) são empregados concretos asfálticos, que são materiais também tradicionalmente utilizados na restauração da malha viária, conforme dados da Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto (Abeda), mais de 90% das estradas pavimentadas nacionais são de revestimento asfáltico

O trabalho tem finalidade de estudar os pavimentos flexíveis, apresentando técnicas de conservação e restauração de Pavimentos Flexíveis para as principais manifestações patológicas conhecidas, identificando as manifestações patológicas atuantes nos pavimentos, elencando soluções adequadas para sua correção e contribuir para a melhoria da qualidade dos serviços de manutenção de pavimentos rodoviários.

Os procedimentos metodológicos a serem utilizados para esta pesquisa será um estudo de caso exploratório descrito nas seguintes etapas:

- Estudo de conteúdos dos órgãos que regulamentam e fornecem manuais para a questão problema;
- Identificação da necessidade de manutenção requerida pelo pavimento;
- Avaliação da capacidade funcional e estrutural do pavimento;
- Análise dos tipos de deformações que o pavimento pode apresentar;
- Análise da determinação do tipo de estratégia de manutenção, em função dos defeitos estudados.

O trabalho justifica-se por abordar um sistema deficiente de investimento apesar de demonstrar grande importância no desenvolvimento do país por ser o principal meio de transporte atualmente e ter crescente demanda devido aos avanços da tecnologia e necessidade do usuário.

2. PAVIMENTO

Pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas, construída sobre a superfície obtida pelos serviços de terraplanagem com a função de resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima. (DNIT,2005).

O sistema de pavimentação é formado por quatro camadas principais: revestimento de base asfáltica, base, sub-base e reforço do subleito. Dependendo da intensidade e do tipo de tráfego, do solo existente e da vida útil do projeto, o revestimento pode ser composto por uma camada de rolamento e camadas intermediárias ou de ligação. Mas nos casos mais comuns, utiliza-se uma única camada de mistura asfáltica como revestimento. (DNIT, 2005)

Com esses quatro elementos é formada a estrutura completa do pavimento. Não é apenas a massa asfáltica e, sim, toda uma estrutura que recebe e equilibra o peso dos veículos que trafegam na rodovia. Sem essas etapas, o pavimento pode deformar precocemente conforme a intensidade do tráfego (Figura 1).

PAVIMENTO = SISTEMA

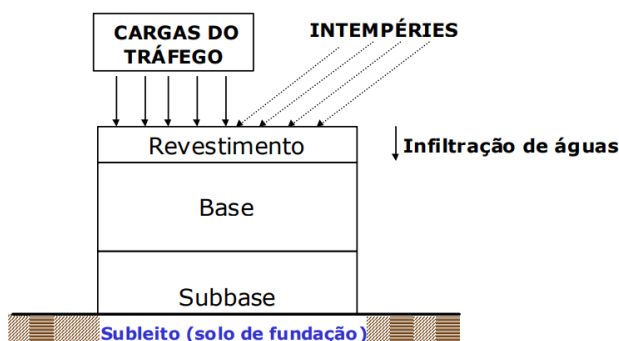


Figura 1: Estruturas do pavimento.

Fonte: DER (2008, p.07)

Segundo o Departamento de Estradas e Rodagem (DER), os pavimentos são classificados de acordo com o comportamento estrutural, tais como: flexíveis (são aqueles em que as deformações, até certo limite, não levam ao rompimento. São dimensionados normalmente a compressão e a tração na flexão, provocada pelo aparecimento das bacias de deformação sob as rodas de veículos, que levam a estrutura a deformações permanentes, e ao rompimento por fadiga), rígidos (são aqueles pouco deformáveis, constituídos principalmente de concreto de cimento

Portland, rompem por tração na flexão, quando sujeitos a deformações) e semirrígidos (caracterizam-se por uma base cimentada quimicamente, como por exemplo, por uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica).(Figura 2).

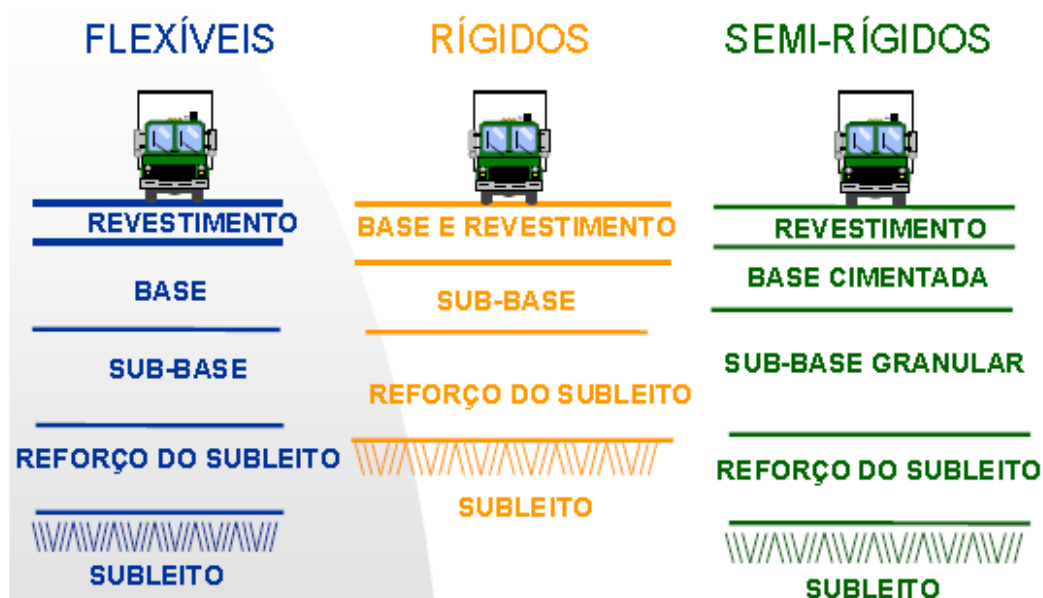


Figura 2: Tipos de pavimentos.

Fonte: ADADA, (2008, p. 26)

2.1 Histórias do Pavimento mundial

Desde a antiguidade a construção de estradas pavimentadas tem sido indispensável para o desenvolvimento da humanidade e a pavimentação surge como uma forma eficaz para conservação dessas estradas. Percorrer a história da pavimentação nos remete à própria história da humanidade, passando pelo povoamento dos continentes, conquistas territoriais, intercâmbio comercial, cultural e religioso, urbanização e desenvolvimento. (BERNUCCI et al., 2006).

Segundo o livro Pavimentação Asfáltica da Petrobras, o Egito possui uma das mais antigas estradas pavimentadas implantadas não se destinou a veículos com rodas, mas a pesados trenós destinados ao transporte de cargas elevadas. Para construção pirâmides (2600-2400 AC), vias com lajões justapostos em base com boa capacidade de suporte. Atrito era amenizado com umedecimento constante (água, azeite, musgo molhado).

Na Ásia a Estrada de Semíramis (600a.C.) - transformou-se hoje em estrada asfaltada, a Estrada Real (500a.C.) – vias com até 2000 km de extensão, velhos caminhos da China (200a.C.) e Índia. Portanto, há mais de 2000 anos os romanos já possuíam uma boa malha viária, contando ainda com um sistema de planejamento e manutenção. A mais extensa das estradas contínuas corria da Muralha de Antonino, na Escócia, à Jerusalém, cobrindo aproximadamente 5.000km (Hagen, 1955).

De acordo com o Professor Edmoura, a França foi a primeira, desde os romanos, a reconhecer o efeito do transporte no comércio, dando importância à velocidade de viagem. Carlos Magno, no final dos anos 700 e início dos anos 800, modernizou a França, semelhantemente aos romanos, em diversas frentes: educacional, cultural e também no que diz respeito ao progresso do comércio por meio de boas estradas.

Os ingleses, observando a forma como eram calçados os caminhos da França, conseguiram construir as vias mais cômodas, duráveis e velozes da Europa, o que foi importante para o progresso da indústria e comércio do país. A partir da experiência na Inglaterra, Escócia e França, e de sua própria experiência nas províncias de Portugal, Mascarenhas Neto (1790) apresenta um Tratado para Construção de Estradas, numa preciosa referência para o meio rodoviário.

Na América, o alemão Alexander Von Humboldt, combinação de cientista e viajante que durante os anos de 1799 e 1804 realizou expedições científicas por várias partes da América do Sul, qualifica as estradas dos incas como “os mais úteis e estupendos trabalhos realizados pelo homem”. Sistema viário avançado (pedestres e animais de carga); 30 a 40.000km; definiram a rede peruana de estradas. A estrada do sol: Trechos de 1m até 16m de largura, presença de armazéns e refúgios espaçados ao longo da estrada, pontes, túneis, contenções, drenos, etc. Império Maia (300's AC), México – ligando centros, povoados e portos do mar; sacbeob – estradas brancas. 1560 – Caminho do Mar – ligação São Vicente – Piratininga recuperada em 1661 como Estradas do Mar em 1790 vira Calçada de Lorena.

2.2 Histórias do Pavimento no Brasil

Segundo Balbo (2007) no final do século XVIII, por iniciativa do governador da capitania de São Paulo foi construída a primeira estrada pavimentada no Brasil. A primeira obra de pavimentação do País que levava em conta os preceitos da engenharia denominava-se A calçada de Lorena que ligava o Planalto Paulista ao Porto de Santos e foi construída usando a antiga técnica romana que recebia o nome pavimentum.

No Brasil, Bittencourt (1958) apresenta um apanhado desta história desde os primeiros povos organizados até o início do século XX:

- 1792 – Estrada Santos - São Paulo: lajes de pedra;
- 1726 – Caminho do Ouro – Minas ao Rio – Também chamada Estrada Real (Estrada Velha de Parati e Nova que vai para o Rio de Janeiro);
- 1854 – Primeira ferrovia no Brasil – Mauá a Raiz da Serra (RJ);
- 1865 – Estrada de rodagem União e Indústria (144km) ligando Petrópolis a Juiz de Fora – primeira estrada a usar macadame como base/revestimento no Brasil pois até aqui era usual o calçamento de ruas com pedras importadas de Portugal;
- 1906 – Calçamento asfáltico em grande escala na cidade do Rio de Janeiro
- CAN (Trinidad) - Prefeito Rodrigues Alves;
- 1913 – Rodovia Santos - São Paulo;
- 1922 – Estrada Rio - Petrópolis – Pavimento de concreto Malha ferroviária brasileira: 3.000km;
- 1937 – Criação do DNER (atual DNIT);
- 1942 – Contato com engenheiros norte-americanos que construíram pistas de aeroportos e estradas de acesso durante a 2ª Guerra Mundial (Belém, Fortaleza, Natal, Recife, Maceió e Salvador) – CBR. Atinge o total de 1.300 km de rodovias pavimentadas, uma das menores extensões da América Latina;
- 1945 – Rodovia Rio – Bahia;
- 1950 – Pavimentação da Rodovia Rio - São Paulo (Dutra): Sem estudo geotécnico, com espessuras constantes de 35cm (20cm de base de macadame hidráulico e 15cm de um revestimento de macadame betuminoso por penetração dosado pela regra “a quantidade de ligante é a que o agregado pede”. Melhoria das estradas vicinais;

- 1959 – Criações da Associação Brasileira de Pavimentação (ABPv);
- 1960 – Fim do Governo de Juscelino Kubistchek- criação de Brasília – Estradas radiais e Plano Nacional de Viação. Malha ferroviária totalizava 38.000km;
- 1964 – Alguns projetos de pavimentação do Governo militar: Transamazônica, Ponte Rio – Niterói;
- 1986 – 95.000km de rodovias pavimentadas: 45.000km federais e 50.000km estaduais e municipais;
- 1988 – 140.000km de rodovias pavimentadas (maior extensão da América Latina) Malha ferroviária: 30.000km;
- 1996 – Inícios do programa de concessões;
- 2002 – 165.000km de rodovias pavimentadas 55.000km federais 1.600.000km de rodovias não pavimentadas (federais, estaduais e municipais). Malha ferroviária: 29.000km;
- 2007 - 196.000km de rodovias pavimentadas com 55.000km federais 1.700.000km de rodovias não pavimentadas (federais, estaduais e municipais). Malha ferroviária: 25.000km. Produção de Asfalto: 1.800.000t/ano. Condição precária em grande parte da malha federal, muitos acidentes geotécnicos, quedas de pontes, taludes, etc. Alguns estados têm ampliado sua malha e introduzido novas técnicas de pavimentação.

Porém investimentos eficazes em infraestruturas rodoviárias só vieram a ser feitos no século XX. De acordo com Balbo (2007) no começo do século XX era comum empregar o emprego de camadas de macadame hidráulico ou betuminoso sobre os subleitos, pavimentando-os.

2.3 Revestimentos Asfálticos

De acordo com o DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes), os revestimentos asfálticos constituem a camada de rolamento, ou seja, a camada superior de pavimentos flexíveis e pavimentos rígidos, conforme Figura 3.

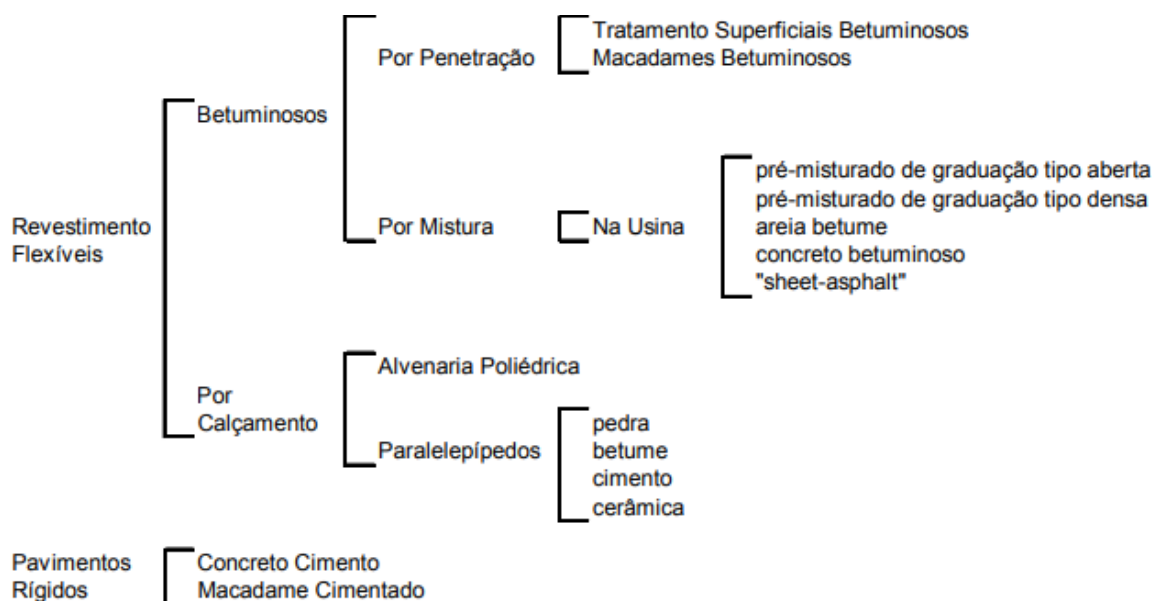


Figura 3: Classificação dos revestimentos.

Fonte: DNIT, Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos (2003, p. 59)

2.3.1 Revestimentos Flexíveis

Pavimentos flexíveis é aquele em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas (Manual do DNIT, 2006)

2.3.1.1 Revestimentos Betuminosos

Os revestimentos betuminosos são construídos por associação de agregados e materiais betuminosos, que podem ser feitas das seguintes maneiras (Manual do DNIT, 2006):

- Revestimentos por penetração direta: macadame betuminoso e revestimentos por penetração indireta: tratamentos superficiais;
- Revestimentos por mistura: o agregado é pré-envolvido com o material betuminoso, antes da compressão. Esse tipo de revestimento é subdividido em dois tipos: Pré-misturado a quente – quando o ligante e o agregado são misturados e espalhados na pista ainda quentes; Pré-misturado a frio – quando os tipos de agregados e de ligantes utilizados permitem o espalhamento seja feito à temperatura ambiente.

2.3.1.2 Revestimentos Flexíveis por calçamento

Nas rodovias, a utilização dos revestimentos flexíveis por calçamento caiu consideravelmente, devido a descoberta do pavimento asfálticos e dos pavimentos com concreto. Logo, a sua execução se restringe a pátios de estacionamentos, vias urbanas, rampas mais íngremes, etc. Existem duas categorias desse pavimento, são eles (Manual do DNIT, 2006):

- Alvenaria poliédrica: consistem em camadas de pedras irregulares, assentadas sobre um colchão de regularização de material granular apropriado;
- Paralelepípedos: são constituídos por blocos regulares, assentados sobre um colchão de regularização constituído de material granular apropriado;

2.3.2 Revestimentos Rígidos

O revestimento 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 (Manual do DNIT, 2006).

2.4 Defeitos em pavimentos flexíveis

De acordo com o livro pavimentação asfáltica da Petrobrás - Formação Básica para Engenheiros, o comportamento das camadas e do subleito está relacionado com o padrão da obra e do tipo de tráfego.

Para o usuário o estado da superfície do pavimento, é o mais importante, pois os defeitos ou irregularidades nessa superfície são percebidos por afetarem o seu conforto. Ao atingir o desconforto, significa que o veículo também sofre mais intensamente as consequências desses defeitos. Essas consequências acarretam maiores custos operacionais, relacionados a maiores gastos com peças de manutenção dos veículos, consumo de combustível e de pneus e o tempo de viagem. Portanto, atender o conforto ao rolamento também significa economia nos custos de transporte.

Os revestimentos podem apresentar falhas por deformação a altas temperaturas ou por fissuras e desintegração, geralmente a baixas temperaturas (MARQUES, 2012).

No Brasil, os principais tipos de defeitos em pavimentos flexíveis são as trincas por fadiga do revestimento, e as deformações permanentes em trilhas de roda. As trincas por fadiga estão relacionadas à rigidez do ligante asfáltico, que apresenta trincas quando não suporta as solicitações do tráfego, já as deformações permanentes estão relacionadas à rigidez do ligante asfáltico utilizado e à densificação dos materiais. Outros tipos de defeitos como a oxidação do revestimento, desagregação e falta de adesividade também são importantes, porém podem ser resolvidos na definição de materiais e no controle e usinagem e obra (DNIT, 2006c).

De acordo com Moura (2010), os defeitos principais como fadiga e deformação permanente devem ser evitados por meio de um projeto estrutural adequado e um projeto de mistura asfáltica compatível com o projeto estrutural.

De acordo com a norma DNIT 005/2003 – TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos: terminologia. Os tipos de defeitos catalogados pela norma brasileira e que são considerados para cálculo de indicador de qualidade da superfície do pavimento (IGG – Índice de Gravidade Global) são: fendas (F); afundamentos (A); corrugação e ondulações transversais (O); exsudação (EX); desgaste ou desagregação (D); panela ou buraco (P); e remendos (R). No Quadro 1 pode-se observar a codificação e classificações das fendas, enquanto no Quadro 2 pode-se observar a codificação, descrições e classificações dada para Afundamento.

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	TTC	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 nas bordas das trincas	TBE	-	-	FC-3
Trincas isoladas				Trincas interligadas				
FC-1: Trincas com abertura superior à das fissuras e menores que 1,0mm.				FC-2: Trincas interligadas que não apresentam erosão nas bordas.				
FC-2: Trincas com abertura superior a 1,0mm e sem erosão nas bordas.				FC-3: Trincas interligadas que apresentam erosão nas bordas.				
FC-3: Trincas com abertura superior a 1,0mm e com erosão nas bordas.								

Quadro 1: Codificação e classificação das fendas.

Fonte: DNIT, Codificação e classificação das fendas (2003, p. 61)

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
"Painéis" ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores				P
Remendos		Remendo Superficial		RS
		Remendo Profundo		RP

Quadro 2: Codificação e classificação de Afundamentos.

Fonte: DNIT, Codificação e classificação de afundamentos (2003, p. 61)

Os Tipos de defeitos mais encontrados nos pavimentos são fendas, fissuras, trincas, afundamentos, ondulação ou corrugação, escorregamentos, esxudação, desgastes, “panelas” e remendos conforme detalhados a seguir.

– **Fenda:** são denominadas de fendas quaisquer discontinuidades na superfície do pavimento, podendo assumir a feição de fissuras, trincas isoladas longitudinais ou transversais e trincas interligadas tipo couro de jacaré ou em bloco. A gravidade é caracterizada por classe 1 (fendas com abertura não superior a 1mm), classe 2 (fendas com abertura superior a 1mm), e classe 3 (fendas com abertura superior a 1mm e desagregação ou erosão junto às bordas).

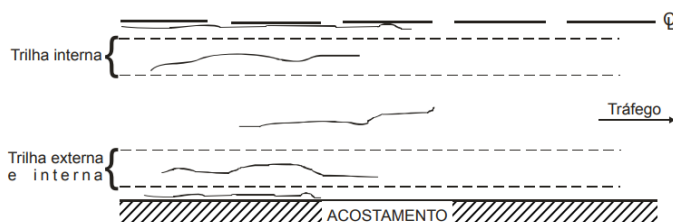


Figura 4: Fendas

Fonte: DNIT - Avaliação das condições das superfícies (2003, p.62)

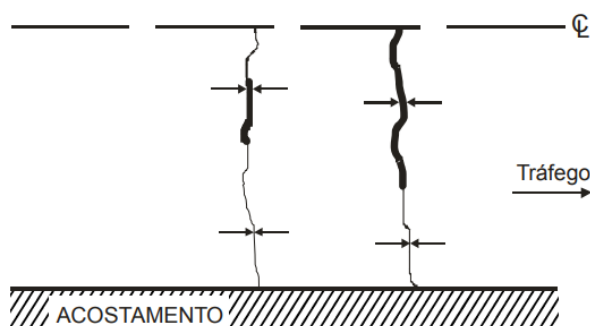


Figura 5: Fendas.

Fonte: DNIT - Avaliação das condições das superfícies (2003, p.63)

– **Fissura:** é uma fenda de largura capilar existente no revestimento, posicionada longitudinalmente, transversalmente ou obliquamente ao eixo da via, somente perceptível à vista desarmada a distâncias inferiores a 1,5 m, com abertura inferior a 1 mm.



Figura 6: Fissuras e trincas.

Fonte: DNIT - Recuperação e reforço de pavimentos (2003, p. 63)

– **Trinca:** fenda existente no revestimento, facilmente visível à vista desarmada, com abertura superior à da fissura, podendo apresentar-se sob a forma de trinca isolada ou trinca interligada.

– **Trinca isolada:** a) trinca transversal: Trinca isolada que apresenta direção predominantemente perpendicular ao eixo da via. Quando apresentar extensão de até 1 m, é denominada trinca transversal curta. Quando a extensão for superior a 1 m, denomina-se trinca transversal longa.

b) trinca longitudinal: Trinca isolada que apresenta direção predominantemente paralela ao eixo da via. Quando apresentar extensão de até 1 m é denominada trinca longitudinal curta. Quando a extensão for superior a 1 denomina-se trinca longitudinal longa.

c) trinca de retração: Trinca isolada não atribuída aos fenômenos de fadiga e sim aos fenômenos de retração térmica ou do material do revestimento ou do material de base rígida ou semirrígida subjacentes ao revestimento trincado. fenda existente no revestimento, facilmente visível à vista desarmada, com abertura superior à da fissura, podendo apresentar-se sob a forma de trinca isolada ou trinca interligada.

– **Trincas interligadas:** a) trincas tipo bloco: Conjunto de trincas interligadas caracterizadas pela configuração de blocos formados por lados bem definidos, podendo, ou não, apresentar erosão acentuada nas bordas.

b) trincas tipo couro de jacaré: Conjunto de trincas interligadas sem direções preferenciais, assemelhando-se ao aspecto de couro de jacaré. Estas trincas podem apresentar, ou não, erosão acentuada nas bordas.

– **Afundamento:** Deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento, acompanhada, ou não, de pequena elevação do revestimento asfáltico, podendo apresentar-se sob a forma de afundamento plástico ou de consolidação.

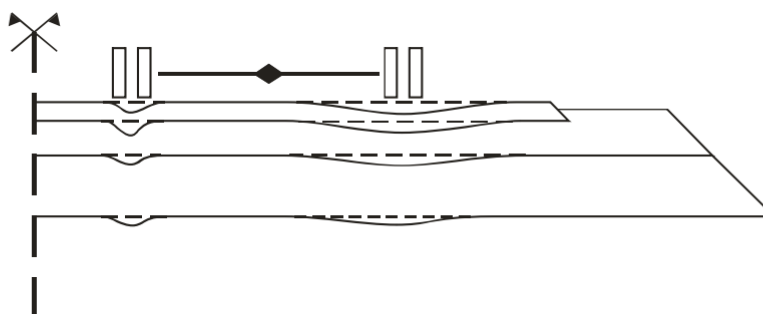


Figura 7: Afundamento.

Fonte: DNIT - Avaliação das condições da superfície. (2003, p.64)

– **Afundamento plástico:** Afundamento causado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, acompanhado de pequena elevação do revestimento asfáltico. Quando ocorre em extensão de até 6 m é denominado afundamento plástico local; quando a extensão for superior a 6 m e estiver localizado ao longo da trilha de roda é denominado afundamento plástico da trilha de roda ou flecha na trilha de roda.

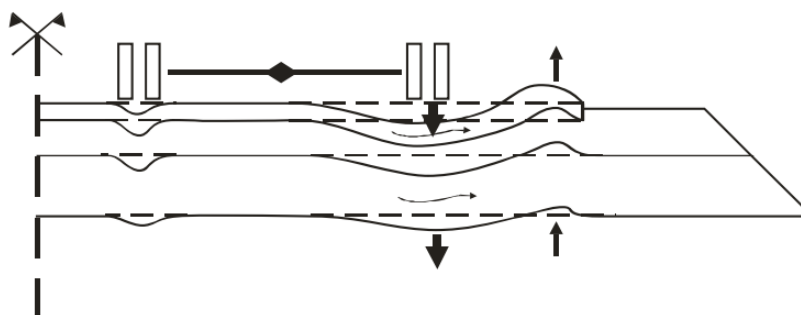


Figura 8: Afundamento.

Fonte: DNIT - Avaliação das condições da superfície. (2003, p. 64)

– **Afundamento de consolidação:** Afundamento de consolidação é causado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito sem estar acompanhado de pequena elevação do revestimento asfáltico. Quando ocorre em extensão de até 6 m é denominado afundamento de consolidação local; quando a extensão for superior a 6 m e estiver localizado ao longo da trilha de roda é denominado afundamento de consolidação da trilha de roda ou flecha na trilha de roda.

– **Afundamento na trilha de roda:** Deformação permanente constituída de uma depressão longitudinal na superfície do pavimento no local das trilhas dos pneus dos veículos.

– **Ondulação ou Corrugação:** Deformação caracterizada por pequenas irregularidades longitudinais, com pequenos comprimentos de onda e amplitude irregular, acompanhadas ou não de escorregamentos, resultando em sensíveis vibrações para os veículos em movimento.

– **Irregularidade longitudinal:** Desvio da superfície da rodovia em relação a um plano de referência, que afeta a dinâmica dos veículos, a qualidade de rolamento e as cargas dinâmicas sobre a via.

– **Escorregamento:** Deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de trincas em forma de meia-lua.

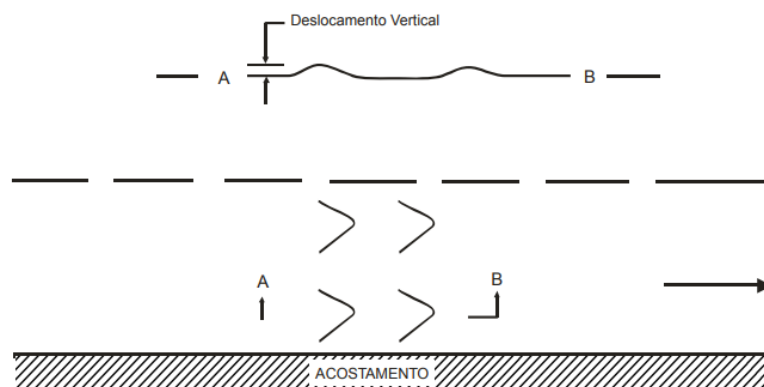


Figura 9: Escorregamento.

Fonte: DNIT - Avaliação das condições da superfície (2003, p.66)

– **Exsudação:** Excesso de ligante asfáltico na superfície do pavimento, causado pela migração do ligante através do revestimento.

– **Desgaste:** Efeito do arrancamento progressivo do ligante e do agregado do pavimento, caracterizado por aspereza superficial do revestimento e provocado por esforços tangenciais.

– **Panela:** Cavidade que se forma no revestimento por diversas causas (inclusive por falta de aderência entre camadas superpostas, causando o deslocamento das camadas), podendo alcançar as camadas inferiores do pavimento e provocar a desagregação dessas camadas.

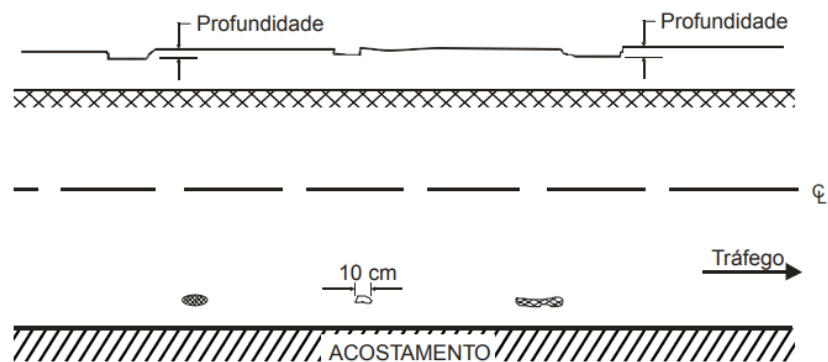


Figura 10: “Panela”.

Fonte: DNIT - Avaliação das condições da superfície (2003, p.68)

– **Remendo:** É a correção, em área localizada, de defeito do pavimento. Considera-se remendo superficial quando houver apenas correção do revestimento; ou profundo quando, além do revestimento são corrigidas uma ou mais camadas inferiores, podendo atingir o subleito.

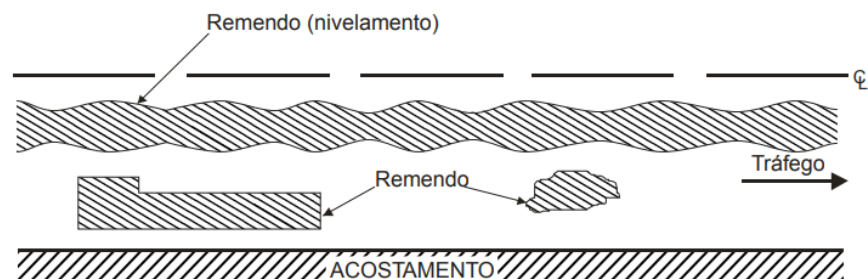


Figura 11: Remendos.

Fonte: Avaliação das condições da superfície, DNIT (2003, p.69)

3. PROCESSO DE RESTAURAÇÃO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL

Segundo o Manual de Pavimentação do DNIT (2005), o objetivo maior do pavimento é atender, adequadamente às suas funções básicas. Por este motivo ele deve ser concebido, projetado, construído e conservado de forma a apresentar, níveis de serventia compatíveis e homogêneos, em toda a sua extensão, os quais são normalmente avaliados através da apreciação de três características gerais de desempenho: a segurança, o conforto e a economia (de manutenção, operação e segurança). Assim, a manutenção do pavimento se constitui no conjunto de operações que são desenvolvidas objetivando manter ou elevar, a níveis desejáveis e homogêneos as características gerais de desempenho, considerando todos os componentes do pavimento.

De acordo com Segundo Bernucci (2008), quando o pavimento se aproxima do fim de sua vida útil, há a necessidade de manutenção e reparos com maior frequência. É, sobretudo, preciso fazer o diagnóstico das patologias dos pavimentos asfálticos, determinando os defeitos e suas prováveis causas, buscando a partir deste levantamento determinar as possíveis soluções e qual dessas medidas são a mais viável.

Segundo Bernucci (2008), antes de se definir as técnicas que serão empregadas na recuperação ou restauração, deve-se conhecer as condições do pavimento, por isso é necessário a realização de um estudo que avalie a parte estrutural e a funcional do pavimento, o que fornecerá dados para que se possa avaliar a sua condição de superfície e estrutura. Esses dados servirão para a definição das técnicas de restauração apropriadas.

A condição funcional de um pavimento relaciona-se ao estado da superfície da camada de revestimento. Os defeitos ou irregularidades nessa superfície são notados pelos usuários da rodovia, uma vez que afetam seu conforto ao rolamento e segurança.

De acordo com ANTT (2015), a avaliação estrutural de pavimentos é o conjunto de procedimentos que determina a resposta da estrutura quando sujeita às cargas de tráfego, traduzidas na forma de tensões, deformações e deflexões em determinados pontos do pavimento, de modo que seja possível verificar sua capacidade de resistir aos mecanismos responsáveis pela degradação da estrutura

do pavimento (Rodrigues, 1995). Dados referentes à adequabilidade estrutural do pavimento são essenciais para determinar o diagnóstico da qualidade global do pavimento (Borges, 2001). A partir deste diagnóstico, torna-se possível definir quais serviços serão necessários ao restabelecimento das condições admissíveis aos usuários da rodovia.

Para o projeto de recuperação do pavimento asfáltico existente, deverá ser elaborado investigações geotécnicas com o objetivo de definir e caracterizar as camadas do pavimento, suas espessuras e, também, o material do subleito, devendo ser procedidas sondagens e ensaios, segundo consta na Instrução de Serviço para Avaliação estrutural e Projeto de Reabilitação de Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos do DNIT.

3 .1 Recuperação das Fendas / Trincas

Para realizar as recuperações de trincas pode-se utilizar as técnicas de capa selante, tratamento superficial, lama asfáltica e microrrevestimento asfáltico. A selagem de trincas é uma operação concebida com a finalidade de corrigir falhas superficiais (fissuração, desagregação, perda de agregados, polimento das asperezas, exsudação, etc.) exteriorizadas pelo revestimento existente.

De acordo com Yoshizane (2005, p.8, apud ROCHA, 2010), capa selante é a atividade que consiste na aplicação apenas de ligante asfáltico ou de ligante com agregados sobre a superfície do pavimento, com a finalidade de rejuvenescer o revestimento asfáltico, restabelecer o coeficiente de atrito pneu-pavimento, selar trincas com pequena abertura, impedir a entrada de água na estrutura do pavimento e retardar o desgaste causado por intemperismo.

Acessoriamente, em alguns casos, poderão ser concebidas também com o objetivo de corrigir pequenas deficiências de natureza geométrica. Fundamentalmente, destinam-se a impermeabilizar revestimentos abertos e/ou fissurados, a protelar a perda de agregados, a minimizar os efeitos maléficos decorrentes da oxidação dos ligantes betuminosos, a recuperar a rugosidade de revestimentos desgastados pela ação abrasiva do tráfego ou pela adequabilidade dos agregados pétreos utilizados e, em certa medida, corrigir deficiências do perfil transversal. Tais operações, devido às suas delgadas espessuras (da ordem de no máximo 2,5cm), não carecem de verificação de dimensionamento.

Um produto que pode ser utilizado na selagem de trincas é a lama asfáltica, a qual consiste na aplicação de uma mistura fluida de agregado miúdo, "fíler", emulsão asfáltica e água, em proporções pré-definidas; suas espessuras delgadas, sempre inferiores a 1,0 cm, não lhe conferem efeitos estruturais próprios, (Manual de Pavimentação 253 MT/DNIT/DPP/IPR).

Como operação de acabamento da superfície asfáltica utiliza-se a capa selante, que se trata de um banho de ligante asfáltico, seguido da imediata cobertura com agregados finos (tipo areia ou pó de pedra), os quais deverão ser "paleados" e espalhados a rodo de forma uniforme.

3.2 Recuperação dos afundamentos

Para o tratamento de afundamentos são sugeridas duas técnicas, recapeamento e fresagem. “[...] Recapeamento estrutural é a construção de uma ou mais camadas asfálticas sobre o pavimento existente, incluindo, geralmente, uma camada para corrigir o nivelamento do pavimento antigo, seguida de uma camada com espessura uniforme” (YOSHIZANE, 2005, p.9apudROCHA, 2010). De acordo com a Figura 12.



Figura 12: Processo de recapeamento.

Fonte: Site academia.edu – Patologias na pavimentação

Recomenda-se previamente na remoção por fresagem à execução de camadas de recapeamento, quando há necessidade de redução da energia de propagação de trincas existentes no revestimento antigo, retardando a sua reflexão nas novas camadas (ROCHA, 2010).

“[...] fresagem (Figuras 13 e 14) é a operação de corte, com uso de máquinas especiais, do revestimento asfáltico existente em um trecho de via, onde outra camada do pavimento, para restauração da qualidade ao rolamento da superfície, ou como melhoramento da capacidade de suporte” (BERNUCCI et al, 2008, p.188).55REVISTA INTEGRALIZAÇÃO UNIVERSITÁRIA V.11 Nº 15 novembro 2016.



Figura 13: Processo de fresagem

Fonte: Site academia.edu – Patologias na pavimentação



Figura 14: Pista após fresagem

Fonte: Site academia.edu – Patologias na pavimentação

Hoje existe uma grande preocupação com a preservação ambiental e a fresagem apresenta como uma de suas grandes vantagens, a reciclagem uma vez que o material retirado do pavimento é reutilizado, contribuindo assim para a preservação de recursos minerais. Como afirma Rocha (2010).

“Uma das grandes vantagens técnicas em se utilizar a fresagem e a reciclagem nos processos de recuperação de pavimentos degradados, é a questão ecológica de preservação de recursos minerais escassos, pois é reaproveitado o material triturado ou cortado pelas fresadoras e recuperadas as características do ligante com a adição de agentes de reciclagem ou rejuvenescedores” (ROCHA, 2010, p.21).

3.3 Recuperação das Ondulações / Corrugações

Segundo Rocha (2010) as técnicas recomendadas para recuperar pavimentos com esses defeitos também são as mesmas utilizadas na recuperação dos afundamentos, o recapeamento e a fresagem, já descritos no item anterior.

3.4 Recuperação de Painéis

A recuperação das painéis ou buracos pode ser realizada de por meio de remendos, desde que eles sejam bem executados. Remendos no pavimento asfáltico é também a operação tapa-buracos, isso é muito comum, uma vez que esse é o método de reparo mais utilizado no processo de manutenção de pavimentos. “[...]Os remendos constituem o método de reparo mais utilizado na manutenção de rodovias e ruas, porque todos os pavimentos, uma hora ou outra, vão apresentar buracos, resultados do tráfego, de reparos das redes de água, gás, esgoto, telefone, energia elétrica, entre outros” (YOSHIZANE,2005, p.7apud ROCHA, 2010).

Quando não se tem condições climáticas favoráveis para execução dos remendos em se tratando de questões emergenciais, recomenda-se o uso de pré-misturados a frio (PMF). No remendo profundo é necessário que haja a recuperação das camadas de sustentação do pavimento (base, sub-base ou subleito). Isso devido o buraco estar numa condição de grande degradação atingindo dessa forma

outras camadas. Se o defeito não atingiu a base, sub-base, ou subleito ele será superficial, em caso contrário ele será profundo.

A recuperação se dá através de um corte reto no revestimento (geralmente formando um retângulo) formando um ângulo de 90° com superfície, porém evitando o desmoronamento do revestimento. Em seguida será imprimado todo o local, inclusive nas bordas do corte (1 metro a partir delas é, geralmente, suficiente) para selar as trincas e depois será aplicado um novo pavimento asfáltico, para recuperação superficial, ou, no caso de recuperação profunda, todas as camadas de pavimento.

3.5 Recuperação da Desagregação

Em casos de menor intensidade, utiliza-se a lama asfáltica já descrita anteriormente, porém deve-se analisar a estrutura do pavimento, em caso de comprometimento da mesma, deve-se fazer no trecho afetado a remoção do pavimento e reconstrução da base, sub-base, e uma repavimentação.

4. METODOLOGIA – ESTUDO DE CASO

De modo a contextualizar as técnicas de restauração de pavimentos flexíveis descritas no capítulo anterior do presente trabalho, realizou-se uma pesquisa junto à empresa Invepar Investimentos e Participações e Infraestrutura S.A., concessionária de infraestrutura de transporte composta de 11 empresas concessionárias de serviços públicos na área de rodovias. Para análise foram obtidos dados e informações sobre as atividades de restauração e conservação utilizadas para a Manutenção de uma das rodovias geridas e operadas pelo grupo

Para o desenvolvimento deste trabalho realizou-se uma pesquisa qualitativa exploratória através de um estudo de caso das técnicas de conservação e restauração empregadas na Rodovia SP 270. As informações foram fornecidas através de entrevista a integrantes do núcleo técnico de pavimentação da concessionária responsável pelo trecho.

4.1 Descrição do trecho/local

O trecho está sob regulação da ARTESP - Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados de Transporte do Estado de São Paulo, a Concessionária administra o Corredor Raposo Tavares desde 17 de março de 2009, trecho formado pela SP-225 João Baptista Cabral Rennó, SP-327, Orlando Quagliato e SP-270, Raposo Tavares, no total de 834 quilômetros, sendo 444 no eixo principal e 390 quilômetros de vicinais entre Bauru e Presidente Epitácio (Figura 15). As rodovias da concessionária administradora atravessam o território de 27 municípios no centro-oeste paulista, com acesso ao início da SP-280 Castelo Branco, conexão com o Mato Grosso do Sul e ao Norte do Paraná. Por isso, são de grande importância para o transporte de cargas entre as regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste.

Por meio de Concessão, existe uma concessionária responsável, nas rodovias do eixo principal, por manutenção e melhorias, pela prestação de serviços de socorros médico e mecânico e pelo apoio e suporte aos usuários através das 12 bases do SAU - Serviço de Atendimento ao usuário, disponíveis ao longo das rodovias. Nas vicinais, mediante convênio assinado com as prefeituras, a Concessionária é responsável por manutenção e conservação.



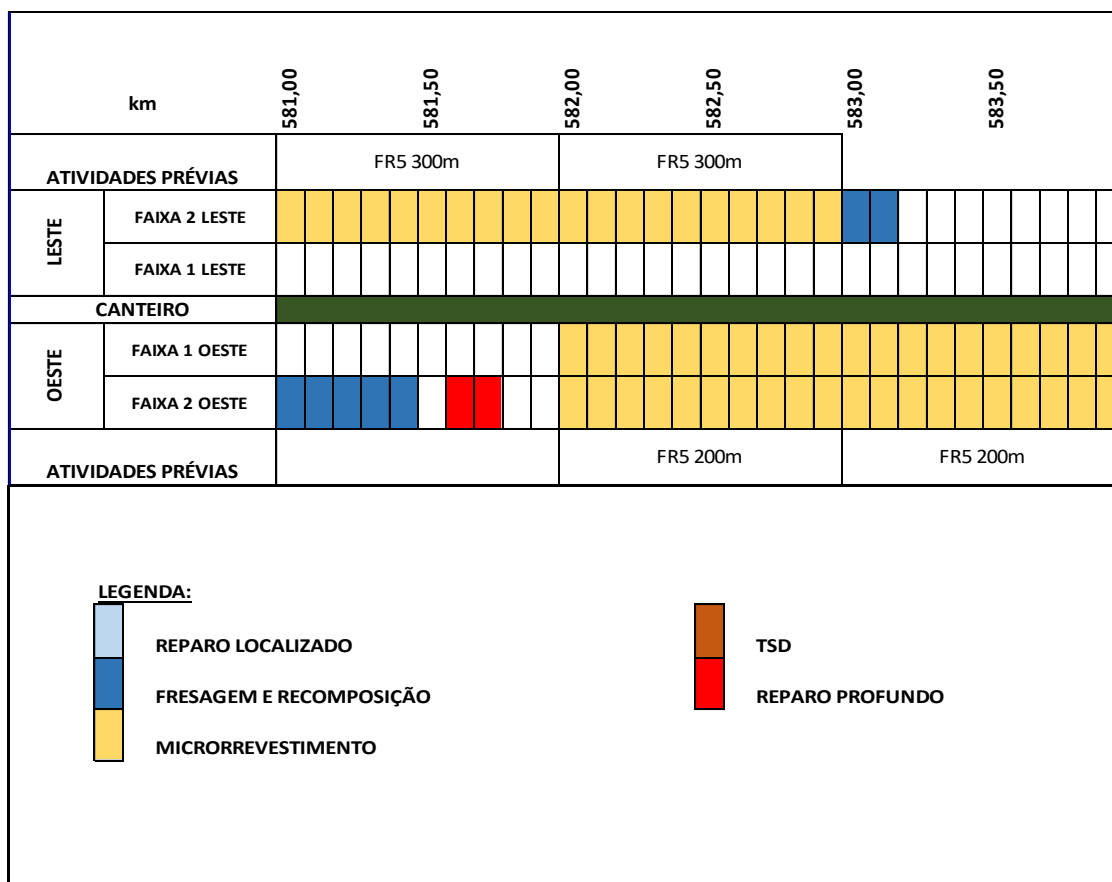
Mapa 1: Trecho de Concessão

Fonte: Google Maps (2019)

4.2 Descrição das etapas de definição das atividades de manutenção e conservação.

Segundo o entrevistado para a definição das soluções de manutenção e conservação são observados os projetos de ciclo de pavimentos, preconizados no edital de concessão. De posse dos projetos os especialistas em pavimentação da concessionária fazem uma vistoria em campo para verificação da situação de degradação do pavimento e uma delimitação mais precisa dos segmentos de intervenção.

Após esta etapa, todas as atividades previstas são elencadas em tabelas e planilhas para a verificação de quantidades de materiais e verificação da adequação orçamentária, após todas as compatibilizações necessárias é então gerado um unifilar de soluções onde as atividades são apresentadas de maneira gráfica para um melhor acompanhamento e execução pela equipe de campo. No Quadro 3 apresenta-se um exemplo de unifilar de um segmento de restauração de pavimentos da rodovia em estudo.



Quadro 3: Segmento de restauração do pavimento em estudo.

Fonte: Concessionária Administradora do Trecho (2018).

Na pesquisa foram analisadas situações típicas para o emprego de cinco técnicas de restauração de pavimentos sendo elas: Remendos (Reparos localizados), fresagem/recomposição, microrrevestimento asfáltico à frio, tratamento superficial duplo com adição de borracha e reparos profundos com pedra rachão e brita graduada simples (BGS).

4.2.1 Remendos

Segundo o entrevistado, o edital de concessão prevê que qualquer “panela” que surja na rodovia deve ser corrigida em até 24 horas de maneira emergencial com a atividade de tapas buracos, devendo ser realizado o reparo definitivo em um prazo de até trinta dias. Na concessionária os remendos definitivos são executados por equipe denominada reparos localizados, que utiliza para o desgaste (corte) do

pavimento uma minicarregadeira Bob CAT com mini fresadora acoplada. Esta equipe é responsável pela execução dos reparos definitivos nos locais que receberam previamente atividades de tapa buracos, além da execução de remendos em segmentos deteriorados com extensão de até 10m. A equipe de “pequenos reparos” é composta pelos seguintes equipamentos:

- Bob CAT com fresadora acoplada;
- Espargidor costal para pintura de ligação com emulsão asfáltica tipo RR-2C;
- Espargidor costal para aplicação de antiaderente vegetal nos pneus e caçambas de equipamentos;
- Soprador costal para limpeza do fundo da caixa fresada;
- Caminhão basculante para transporte e espalhamento da massa asfáltica;
- Rolo Compactador liso vibratório de pequeno porte para a compactação;
- Rastelo para auxílio no acabamento.

Esta equipe é capaz de aplicar em média quinze toneladas de massa asfáltica por dia, o que corresponde a aproximadamente 35m de extensão.

Na Figura 16 retrata-se a situação do trecho no Km 526,587 no sentido oeste da SP 270 com a delimitação do local a ser fresado e sinalização com cones, placas de obra e homens bandeira conforme procedimentos de segurança da concessionária.



Figura 15 Trecho com defeito (antes).

Fonte: Concessionária Administradora do Trecho do Trecho (2018)

Para a realização da fresagem, como pode ser visto na Figura 17, deve ser feita a aplicação de antiaderente nos equipamentos, e após sua finalização é necessário a verificação da situação do fundo da caixa, caso as o revestimento remanescente não esteja íntegro é necessário o aumento da espessura da fresagem com mais uma passada da fresadora. É realizada a limpeza da caixa de fresagem com soprador costal e posteriormente a aplicação de pintura de ligação com emulsão asfáltica do tipo RR-2C.



Figura 16: Trecho fresado com pintura de ligação e aplicação do concreto betuminoso usinado à quente (durante).

Fonte: Concessionária Administradora do Trecho do Trecho (2018)

É preciso aguardar o rompimento da emulsão asfáltica (evaporação da parte aquosa da emulsão) para dar início a aplicação do concreto betuminoso usinado à quente com CAP-30/45 com utilização da Faixa III do DER-SP. Para compactação é utilizado o rolo liso vibratório concomitantemente à atividade de rastelo para um melhor acabamento da caixa de fresagem. É realizada a conferência de temperatura durante a aplicação e compactação da massa asfáltica, registro de suma importância para o controle de qualidade do revestimento aplicado.

Após o resfriamento da caixa de fresagem o tráfego é liberado. Na Figura 18 mostra-se que após a atividade é necessário um caminhão especial que realiza pintura horizontal tendo em vista que o edital de concessão exige que não haja “panos pretos”, ou seja, segmentos sem sinalização horizontal.



Figura 17: Trecho com execução do remendo finalizado (Depois).

Fonte: Concessionária Administradora do Trecho do Trecho (2018)

4.2.2 Fresagem e recomposição

A equipe de fresagem e recomposição assim como a equipe de pequenos reparos tem o objetivo de substituir o revestimento deteriorado por uma nova camada asfáltica. O que difere as duas equipes são os tipos de equipamentos utilizados e conseqüentemente a produtividade. Esta equipe produz em média dez vezes mais do que a equipe de pequenos reparos, chegando a aplicar 150 toneladas em um único dia, o que corresponde a aproximadamente 350 m de extensão. Os equipamentos necessários para essa atividade são:

- Fresadora modelo Wirtgen W1000;
- Caminhão espargidor para pintura de ligação com emulsão asfáltica tipo RR-2C;
- Bob CAT com vassoura acoplada para limpeza do fundo da caixa de fresagem;
- Caminhão basculante para transporte da massa asfáltica e alimentação da vibro acabadora;
- Vibro Acabadora Bomag VDA700 para a aplicação da massa asfáltica;
- Rolo compactador de pneus para a compactação;

- Rolo Compactador liso de médio porte para a compactação e acabamento;
- Rastelo para auxílio no acabamento.
- Após a atividade é necessário um caminhão especial que realiza pintura horizontal tendo em vista que o edital de concessão exige que não haja “panos pretos”, ou seja, segmentos sem sinalização horizontal.

Na Figura 19 retrata-se o pavimento deteriorado antes do processo de restauração de remendo no Km 479+719 no sentido leste da SP 270.



Figura 18: Trecho com defeito (antes).

Fonte: Concessionária Administradora do Trecho do Trecho (2018)

Após a Fresagem é necessário realizar a verificação da situação do fundo da caixa, caso as o revestimento remanescente não esteja íntegro é necessário o aumento da espessura da fresagem com mais uma passada da fresadora e então pode ser realizada a limpeza da caixa de fresagem com vassoura mecânica.

Na Figura 20 mostra-se trecho com a delimitação do local fresado, e já com aplicação da pintura de ligação com emulsão asfáltica do tipo RR-2C realizada pelo caminhão espargidor. Todos os equipamentos recebem uma camada de antiaderente, além da devida sinalização através de cones conforme procedimentos de segurança da concessionária.

É necessário aguardar o rompimento da emulsão asfáltica (evaporação da parte aquosa da emulsão) para que, conforme Figura 21, o caminhão basculante que carrega a vibro-acabadora de massa asfáltica aplique e regularize o concreto asfáltico com ligante asfáltico polimérico do tipo SBS-60/85, utilizando a faixa III do DER-SP.

Nessa fase é realizada a conferência de temperatura durante a aplicação e compactação da massa asfáltica, registro de suma importância para o controle de qualidade do revestimento aplicado. A compactação é realizada por rolo compactador de pneus e o rolo compactador liso finaliza a compactação e dá acabamento a caixa de fresagem. Ainda para o acabamento o rastelo acompanha as etapas de compactação com o objetivo de melhorar o acabamento e limpeza da caixa de fresagem;



Figura 19: Trecho fresado com aplicação de emulsão asfáltica (durante).

Fonte: Concessionária Administradora do Trecho do Trecho (2018)



Figura 20: Aplicação da massa asfáltica (durante).

Fonte: Concessionária Administradora do Trecho do Trecho (2018)

Após o aguardo do resfriamento da caixa de fresagem é possível a liberação do tráfego e como mostra-se na Figura 22 é necessário um caminhão especial que realiza pintura horizontal tendo em vista que o edital de concessão exige que não haja “panos pretos”, ou seja, segmentos sem sinalização horizontal.



Figura 21: Trecho com fresagem e recomposição finalizada (depois).

Fonte: Concessionária Administradora do Trecho do Trecho (2018)

4.2.3 Microrrevestimento asfáltico à frio

O serviço de microrrevestimento é utilizado para selagem, proteção, impermeabilização e rejuvenescimento dos pavimentos asfálticos que se encontram naturalmente deteriorados e desgastados pela ação do tráfego e oxidados pelas intempéries. Assim, quando detectada a necessidade da aplicação do microrrevestimento pelos especialistas em pavimentação é acionada a equipe de microrrevestimento que tem o objetivo adicionar uma nova camada de rolamento, melhorando o conforto e a segurança dos usuários além do aspecto do revestimento. A equipe de microrrevestimento asfáltico produz em média de 3.600 m² a 7.200 m² por dia, o que corresponde a aproximadamente 1.000 m de uma faixa de rolamento. Nessa atividade os seguintes equipamentos são utilizados:

- Bob CAT com vassoura mecânica acoplada para limpeza de sujeiras e pó na pista, o microrrevestimento deve ser aplicado sobre a pista completamente limpa para evitar falhas de aderência;
- Soprador costal para complemento da limpeza de pista;

– Usina móvel multidistribuidora de agregados para a aplicação do microrrevestimento;

– Após a atividade é necessário um caminhão especial que realiza pintura horizontal tendo em vista que o edital de concessão exige que não haja “panos pretos”, ou seja, segmentos sem sinalização horizontal.

Para a operação de microrrevestimento no Km 622 no sentido leste da SP 270, assim como em todas as atividades de restauração nos pavimentos, é necessário a delimitação do local a ser aplicado o microrrevestimento e sinalização com cones, placas de obra e homens bandeira conforme procedimentos de segurança da concessionária.

O trecho que irá receber a camada do micro revestimento deve passar pelo procedimento de limpeza com vassoura mecânica e complemento de limpeza com soprador costal. Após a limpeza utiliza-se a usina Móvel multidistribuidora para aplicação do Microrrevestimento asfáltico à frio com RR-2C polimérico utilizando a faixa III do DER-SP, que pode ser observado na Figura 23. Durante a aplicação os operários acompanham as frentes de aplicação com vassouras a fim de remover sobras de material.

Após o aguardo do rompimento da emulsão (evaporação da parte aquosa da emulsão) o tráfego pode ser liberado para evitar desprendimento dos agregados. Após a atividade é necessário um caminhão especial que realiza pintura horizontal tendo em vista que o edital de concessão exige que não haja “panos pretos”, ou seja, segmentos sem sinalização horizontal.



Figura 22: Aplicação do Microrrevestimento asfáltico com multidistribuidora

Fonte: Concessionária Administradora do Trecho do Trecho (2018)

4.2.4 Tratamento superficial duplo com adição de borracha

O serviço de tratamento superficial duplo (TSD) assim como o microrrevestimento é utilizado para selagem, proteção, impermeabilização e rejuvenescimento dos pavimentos asfálticos que se encontram naturalmente deteriorados e desgastados pela ação do tráfego e oxidados pelas intempéries. No entanto este serviço é indicado para segmentos que possuem um nível um pouco maior de trincamento que o microrrevestimento. Assim, quando detectada a necessidade da aplicação do tratamento superficial duplo pelos especialistas em pavimentação é acionada a equipe de tratamento superficial duplo que tem o objetivo adicionar uma nova camada de rolamento, melhorando o conforto e a segurança dos usuários além de melhoria do aspecto do revestimento. O tratamento superficial duplo com adição de borracha difere do tratamento superficial duplo tradicional por ser aplicado à quente, e o ligante asfáltico com borracha melhora as propriedades elásticas da camada, proporcionando uma maior sobrevida e capacidade de proteção do novo revestimento contra a reflexão de trincas. A equipe de tratamento superficial duplo produz em média de 3.600 m² a 7.200 m² por dia, o que corresponde a aproximadamente 1.000 m de uma faixa de rolamento. Esta equipe utiliza os seguintes equipamentos:

- Bob CAT com vassoura mecânica acoplada para limpeza de sujeiras e pó na pista, o microrrevestimento deve ser aplicado sobre a pista completamente limpa para evitar falhas de aderência;
- Soprador costal para complemento da limpeza de pista;
- Usina móvel multidistribuidora de agregados com aquecedor de ligante para a aplicação do tratamento superficial duplo com adição de borracha;
- Rolo compactador de pneus para comprimir e uniformizar a camada de revestimento;
- Operários acompanham as frentes de aplicação com rastelos\rodos a fim de remover sobras de material;
- Após a atividade é necessário um caminhão especial que realiza pintura horizontal tendo em vista que o edital de concessão exige que não haja “panos pretos”, ou seja, segmentos sem sinalização horizontal.

Para a restauração do km 222 no sentido oeste da SP 270 foi realizado o Tratamento superficial duplo com adição de borrada onde após a delimitação do local a ser aplicado o microrrevestimento, sinalização com cones, placas de obra e homens bandeira conforme procedimento de segurança da concessionária é realizado o procedimento de limpeza com vassoura mecânica e em complemento limpeza com soprador costal.

Para a aplicação do Microrrevestimento asfáltico à frio com RR-2C polimérico utilizando a faixa III do DER-SP é utilizado a Usina Móvel multidistribuidora, enquanto operários acompanham as frentes de aplicação com vassouras a fim de remover sobras de material mostrado na Figura 24.

Por fim, após o aguardo do rompimento da emulsão (evaporação da parte aquosa da emulsão) é feito a liberação do tráfego evitando assim o desprendimento dos agregados;



Figura 23: Aplicação da segunda Camada (Durante)

Fonte: Concessionária Administradora do Trecho (2018)

4.2.5 Reparos profundos com pedra rachão e brita graduada simples (BGS)

O serviço de reparos profundos consiste em uma reconstrução de segmentos de pequena extensão visando restaurar segmentos que possuem alto grau de degradação e insuficiência estrutural devido à saturação das camadas de base e/ou sub-base. Para a programação destas atividades além do estudo das características

do segmento também é analisada a recorrência das intervenções de fresagem e recomposição no local. Quando há a reincidência de intervenções dentro de certo limite de tempo significa que há problemas de drenagem e ou estrutura que comprometem a durabilidade das intervenções, sendo necessária portando uma reconstrução para trazer novamente a durabilidade esperada dos pavimentos. Assim, quando detectada a necessidade de reparos profundos pelos especialistas em pavimentação é acionada a equipe de reparos profundos que tem o objetivo de trazer o pavimento às suas condições originais proporcionando uma maior vida ao novo pavimento. A equipe de reparos profundos é capaz de produzir em média 150 m² por dia, o que corresponde a 40 m de extensão de faixa, sua produtividade é muito variável e depende da espessura necessária de corte e remoção, que geralmente é de 0,80 m. Esta equipe é utiliza os seguintes equipamentos:

- Fresadora Wirtgen W 1000 para a remoção do revestimento existente;
- Retroescavadeira de grande porte para a remoção do material da base e/ou sub-base.
- Caminhão basculante para transporte do material removido para bota-fora;
- Compactador do tipo pata de carneiro para compactação do fundo da caixa de reparo profundo;
- Caminhão basculante para o despejo da pedra rachão;
- Compactador liso vibratório para a compactação e proporcionar melhor arranjo das pedras distribuídas;
- Caminhão basculante para o despejo de bica corrida para o travamento do rachão;
- Caminhão basculante para transporte da massa asfáltica e alimentação da vibro acabadora;
- Vibro Acabadora Bomag VDA700 para a aplicação da massa asfáltica;
- Rolo compactador de pneus para a compactação;
- Rolo Compactador liso de médio porte para a compactação e acabamento;
- Rastelo para auxílio no acabamento;
- Após a atividade é necessário um caminhão especial que realiza pintura horizontal tendo em vista que o edital de concessão exige que não haja “panos pretos”, ou seja, segmentos sem sinalização horizontal.

A execução se inicia com a delimitação do local a ser realizado o reparo profundo, sinalização com cones, placas de obra e homens bandeira conforme procedimentos de segurança da concessionária. Essas etapas foram realizadas na restauração Km 444+800 no sentido Leste da SP 270 e podem ser observadas na Figura 25.



Figura 24: Delimitação do trecho com defeito (antes).

Fonte: Concessionária Administradora do Trecho (2018)

Logo em seguida é realizado o procedimento de fresagem com fresadora de médio ou grande porte mostrado na Figura 25, e posteriormente limpeza com vassoura mecânica. Para a retirada das camadas mais profundas do solo é necessário a utilização da retroescavadeira de grande porte para remoção da espessura necessária das camadas de base e/ou sub-base.



Figura 25: Fresagem (durante).

Fonte: Concessionária Administradora do Trecho (2018)

Após alcançar a espessura desejada da caixa é realizada a compactação do fundo da caixa com rolo compactador do tipo pé de carneiro conforme Figura 27 e então é feito o despejo da camada de rachão com caminhão basculante e a compactação com objetivo de melhorar o arranjo entre as pedras conforme pode ser observado na Figura 28.



Figura 26: Compactação do fundo da caixa (durante).

Fonte: Concessionária Administradora do Trecho (2018)



Figura 27: Compactação da camada de rachão (antes).

Fonte: Concessionária Administradora do Trecho (2018)

Outra cama é feita com a aplicação da bica corrida para travamento do rachão que também deve ser compactada com rolo liso como vemos na Figura 28, e logo em seguida é realizado o espalhamento da Brita Graduada Simples com caminhão basculante e compactação da Brita Graduada Simples (BGS) com rolo liso vibratório apresentados na Imagem 29 e Imagem 30.



Figura 28: Compactação da bica corrida com rolo liso (durante).

Fonte: Concessionária Administradora do Trecho (2018)



Figura 29: Espalhamento da Brita Graduada Simples com caminhão basculante (durante).

Fonte: Concessionária Administradora do Trecho (2018)



Figura 30: Compactação de BGS com rolo liso vibratório (durante).

Fonte: Concessionária Administradora do Trecho (2018)

Antes de receber a última camada do revestimento é realizada a execução da imprimação da BGS com emulsão asfáltica de imprimação (EAI).

Após o aguardo do tempo de rompimento da emulsão asfáltica de imprimação é executado a pintura de ligação com RR-2C e mais uma vez é necessário aguardar

o tempo de rompimento da emulsão asfáltica de pintura de ligação para receber a última camada de revestimento final aplicado e regularizado com o caminhão basculante da vibro acabadora asfáltica. O novo revestimento é compactado com rolo compactador de pneus e rolo liso para maior acabamento e uniformidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho tem por objetivo demonstrar a importância de gestão na manutenção e conservação do pavimento asfáltico, para isso foram registradas as principais manifestações patológicas encontradas em pavimentos flexíveis, através de uma pesquisa qualitativa exploratória de um estudo de caso das técnicas de conservação e restauração empregadas ao longo da Rodovia SP 270.

Pode-se observar que é possível realizar as intervenções adequadas para cada tipo de irregularidade no pavimento. A manutenção correta para de cada patologia e emprego de soluções eficientes, contribui para o conforto dos usuários e a segurança da via. Os defeitos, tais como a natureza do processo construtivo e o tipo de materiais utilizados, o projeto em si em relação às estimativas de tráfego e as características intrínsecas de cada material utilizado devem ser levados a sério para que as medidas devidas sejam tomadas.

No Brasil, ainda se percebe que a falta de planejamento para execução das vias pavimentadas considerando o crescimento do tráfego devido ao País ser essencialmente rodoviário tornando as rodovias sobrecarregadas. Além da correta execução e manutenção é necessário que exista fiscalização suficiente para controle do peso das cargas transportadas para que o pavimento ofereça a vida útil de projeto.

Acredita-se que o conhecimento técnico para reconhecer os defeitos e propor a sua correção acertada permita uma vida mais longa tanto das vias como dos equipamentos necessários durante os serviços de manutenção. A proposta desse trabalho contribui com a divulgação do conhecimento e o entendimento destes problemas que se manifestam em pavimentos. Igualmente, atenta para as questões da própria economia durante a correção dos defeitos ou o desvio de suas ocorrências.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADADA, Lucas. Programa de integração de capacitação: Tópicos de projetos de pavimentos asfálticos de cimento Portland. Paraná: DER, 2008. p. 26.

ANTT. Concessionária via 040. Brasília à Juiz de Fora. 2015. Disponível em: http://www.antt.gov.br/backend/galeria/arquivos/concessionaria_via040.pdf. Acesso em: 05 de out. 2018.

BERNUCCI, L. et al. Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros. 1. ed. Rio de Janeiro: Petrobras ABEDA, 2008.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Transporte Rodoviário: Concessão pelo PIL. Rio de Janeiro: MT, 2016. Disponível em: <http://www.transportes.gov.br/editoria-b.html>. Acesso em: 05 out. 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES. Manual de restauração de pavimentos asfálticos. 2 ed. Rio de Janeiro: DNER, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES. Manual de conservação rodoviária. 2 ed. Rio de Janeiro: DNER, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES. Manual de gerência de pavimentos. 2 ed. Rio de Janeiro: DNER, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES. Manual de pavimentação. Rio de Janeiro: Rio de Janeiro: DNER, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES. Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos: Terminologia. Rio de Janeiro: Diretoria de Planejamento e Pesquisa, 2003. p. 4, 59.

MENDONÇA FILHO, José Moacir de; ROCHA, Eider Gomes de Azevedo. Estudo Comparativo entre Pavimentos Flexível e Rígido na Pavimentação Rodoviária. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 06, Vol. 02, pp. 146-163, junho de 2018.

MOTA, Gabriel Luan Paixão; SOUZA, Jônatas Macêdo de; MARQUES, Carlúcio da Silva. Palmas, Tocantins. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil). Disponível em: https://www.academia.edu/24827415/Patologias_na_pavimentacao_asfaltica_betuminosa_a_frio_em_Palmas. Acesso em: 05 de out. 2018.

MOURA, Edson. Transportes e Obras de Terra apostilam de projeto de pavimento. Pp. 1-4, julho de 2018. Disponível em: http://professoredmoura.com.br/download/Apostila_Proj_Pav_2_2018.pdf>. Acesso em: 05 out. 2018.

PINI. Infraestrutura Urbana: revista. 2011. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/16/pavimentacao-asfaltica-os-tipos-de-revestimentos-o-maquinario-necessario-260588-1.aspx>>. Acesso em: 05 out. 2018.

SOUZA, M.J. Patologias em pavimentos flexíveis. 2004. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Anhembí Morumbi, São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://engenharia.anhembibr/tcc-04/civil-26.pdf>> Acesso em: 05 de outubro de 2018.