

ACADEMIA MILITAR DAS AGULHAS NEGRAS

ACADEMIA REAL MILITAR (1810)

MANOEL BEZERRA DA COSTA JÚNIOR

**PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA: TÉCNICAS DE REPARAÇÃO DE BURACOS EM
PAVIMENTOS FLEXÍVEIS NA REGIÃO AMAZÔNICA**

Resende

2018

MANOEL BEZERRA DA COSTA JÚNIOR

**PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA: TÉCNICAS DE REPARAÇÃO DE BURACOS EM
PAVIMENTOS FLEXÍVEIS NA REGIÃO AMAZÔNICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Academia Militar das Agulhas Negras como parte dos requisitos para a Conclusão do Curso de Bacharel em Ciências Militares, sob a orientação do Maj. Eng. Jon Cruz Viana Da Silva.

Resende

2018

MANOEL BEZERRA DA COSTA JÚNIOR

**PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA: TÉCNICAS DE REPARAÇÃO DE BURACOS EM
PAVIMENTOS FLEXÍVEIS NA REGIÃO AMAZÔNICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Academia Militar das Agulhas Negras como parte
dos requisitos para a Conclusão do Curso de
Bacharel em Ciências Militares, sob a orientação do
Maj. Eng. Jon Cruz Viana Da Silva.

COMISSÃO AVALIADORA

Maj. Eng. Jon Cruz Viana Da Silva

(Nome completo, Posto e Arma)

(Nome completo, Posto e Arma)

Resende

2018

DEDICATÓRIA

À minha mãe e ao meu pai. Responsáveis pelo que sou.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Maria do Socorro, por torcer, orar e me apoiar com amor além do que eu merecia.

Ao meu pai, Manoel Bizerra, por ser um exemplo para mim. Por ser meu melhor amigo.

À minha irmã, Débora, por fazer parte da minha vida e me ajudar sempre que eu preciso.

Aos meus pais, por me darem o amor e os valores necessários para alcançar todas minhas conquistas.

À toda minha família que me acompanhou e torceu por mim durante minha jornada de 5 anos.

À minha namorada, Amanda, por ser compreensiva e carinhosa nos momentos difíceis.

Aos meus irmãos de arma, que estiveram comigo durante momentos de dor e de glória.

Aos meus amigos, que torcem pelo meu sucesso.

Ao meu orientador, Major Jon, por me ajudar a terminar esta monografia e conquistar a última ponta da estrela.

Aos meus comandantes de companhia e pelotão, que me influenciaram durante esses longos 5 anos.

RESUMO

COSTA JÚNIOR, Manoel Bezerra da. **Pavimentação asfáltica**: técnicas de reparação de buracos em pavimentos flexíveis na região amazônica. Resende: AMAN, 2018. Monografia.

O pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas, construída sobre a superfície final de terraplanagem com o objetivo de suportar esforços originados do tráfego de veículos, oferecer aos motoristas melhores condições de rolagem, conforto, economia e segurança. Um pavimento asfáltico, outra denominação de pavimento flexível, é constituído pelas camadas: revestimento asfáltico, base, sub-base, reforço do subleito e subleito. O revestimento asfáltico é a camada que está em contato direto com as rodas dos veículos e com as camadas intermediárias. Durante o planejamento são projetadas estruturas de pavimento para resistirem a inúmeras solicitações de carga que não deverão causar danos estruturais além do aceitável ou previsto. Tais danos são: a deformação permanente e a fadiga. As patologias ou defeitos superficiais são os problemas que mais afetam os usuários. As irregularidades atrapalham o conforto na rodagem dos motoristas. Para escolher a melhor técnica de restauração é necessário, antes de mais nada, uma análise do estado atual do pavimento. A restauração de um pavimento asfáltico não é unicamente para reparo de problemas estruturais ou funcionais. Quando for previsto o aumento de tráfego em uma determinada via, devem ser aplicadas as técnicas que permitem o aumento da capacidade estrutural do pavimento.

Palavras-chave: Pavimento asfáltico. Revestimento asfáltico. Patologias. Restauração.

ABSTRACT

COSTA JÚNIOR, Manoel Bezerra da. **Asphaltic paving:** techniques for repairing holes in flexible pavements in the Amazon region Resende: AMAN, 2018. Monograph.

The pavement is a multilayer structure, built on the final surface of earthmoving to withstand efforts originated from vehicular traffic, to offer drivers better rolling resistance, comfort, economy and safety. An asphalt pavement, another denomination of flexible pavement, consists of the layers: asphaltic coating, base, sub-base, reinforcement of the subgrade and national subgrade. The asphalt coating is the layer that is in direct contact with the wheels of the vehicles and with the intermediate layers. During planning, floor structures are designed to withstand numerous loads that should not cause structural damage beyond what is acceptable or anticipated. Such damages are permanent deformation and fatigue. The superficial pathologies or defects are the problems that most affect the users. The irregularities hamper the comfort of the drivers. In order to choose the best restoration technique it is necessary to analyze the current condition of the floor. The restoration of an asphalt pavement is not only for the repair of structural or functional problems. When increased traffic is identified, in a particular route, various techniques for increasing the structural capacity of the pavement shall be applied.

Keyword: Pavement asphaltic. Asphalt coating. Pathologies. Restoration.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 8 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO | 9 |
| 2.1 PAVIMENTO | 9 |
| 2.2 ESTRUTURAS DE UM PAVIMENTO ASFÁLTICO | 10 |
| 2.2.1 Revestimento asfáltico | 10 |
| 2.2.2 Base | 14 |
| 2.2.3 Sub-base | 16 |
| 2.2.4 Reforço do subleito | 17 |
| 2.2.5 Subleito | 17 |
| 2.3 PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS | 18 |
| 2.3.1 Tipos de defeito de superfície | 19 |
| 2.3.1.1 Fenda | 19 |
| 2.3.1.2 Afundamento | 19 |
| 2.3.1.3 Ondulação | 20 |
| 2.3.1.4 Escorregamento | 20 |
| 2.3.1.5 Exsudação | 20 |
| 2.3.1.6 Panela | 21 |
| 2.3.1.7 Remendo | 21 |
| 2.4 TÉCNICAS DE RESTAURAÇÃO ASFÁLTICA | 21 |
| 2.5 ETAPAS DA EXECUÇÃO DE UM REMENDO PROFUNDO | 25 |
| 2.6 OPERAÇÕES “TAPA-BURACO” EM MANAUS | 28 |
| 3 CONCLUSÃO | 31 |
| REFERÊNCIAS | 33 |

1 INTRODUÇÃO

Desde o surgimento da humanidade, houve a necessidade de deslocamento de pessoas entre regiões. Os primeiros humanos utilizavam trilhas pelas florestas. A medida que uma trilha tornava-se muito movimentada até se alargar e permitir a passagem de montarias e posteriormente carroças puxadas por animais. Tem se o surgimento das estradas. Para manter o tráfego nessas estradas, fez-se necessário calçar o terreno natural com pedras e argamassas. Tem se os primeiros pavimentos.

Os pavimentos surgiram para proporcionar conforto e segurança aos usuários. Para que pudessem continuar seus trajetos mesmo em períodos chuvosos, sem se preocupar com atoleiros ou o terreno desnivelado que poderia causar danos a suas carroças.

Os pavimentos asfálticos surgiram para aumentar o conforto de rodagem das pessoas em seus novos meios de transportes, os veículos automotores. O aumento da quantidade de veículos representa para um país o aumento de sua economia. Contudo, com o aumento de veículos circulando surge a necessidade do aumento da malha rodoviária. O setor público responsável pela pavimentação de vias deve zelar por sua conservação, pois as rodovias e vias urbana podem ser consideradas um bem público de grande importância para as pessoas.

O aumento da pavimentação de vias causou uma expansão no surgimento de novas técnicas de pavimentação e de conservação de vias. A cada dia novos estudos permitem trabalhar de modo diferente os defeitos de um pavimento. Os pavimentos asfálticos são mais suscetíveis a falhas superficiais e estruturais. O clima, o terreno e as técnicas mal executadas de construção do pavimento asfáltico são algumas das causas das patologias que surgem no pavimento.

O correto estudo da técnica de restauração de uma patologia no pavimento asfáltico e uma adequada fiscalização são essenciais para obter o melhor resultado possível. As panelas ou buracos são patologias mais graves no pavimento. As operações de restauração são chamadas de “tapa-buraco”. Essa operação requer uma sequência de trabalhos lógicos que devem ser seguidos corretamente, caso contrário o problema apenas será mascarado e reaparecerá em pouco tempo.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 Pavimento

Com o objetivo de suportar esforços originados do tráfego de veículos e do clima, oferecer aos motoristas melhores condições de rolagem, conforto, economia e segurança, o pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas, construída sobre a superfície final de terraplanagem. Há dois tipos básico em que os pavimentos rodoviários podem ser classificados: rígidos e flexíveis. (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008).

De acordo com Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) (2006, p. 93) o pavimento de uma rodovia:

[...] é a superestrutura constituída por um sistema de camada de espessuras finitas, assentes sobre um semi-espaço considerado teoricamente como infinito – a infraestrutura ou terreno de fundação, a qual é designada de subleito.

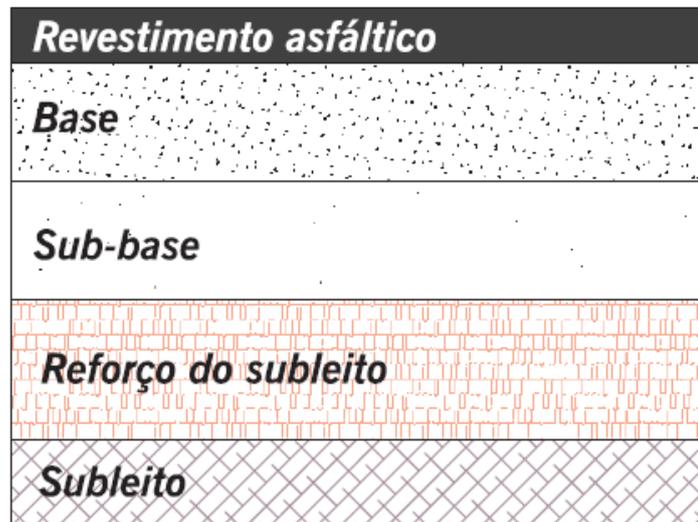
A escolha do pavimento que será aplicado em uma estrada leva em conta fatores como o tipo e o fluxo de tráfego esperado e as condições climáticas da região. As camadas superficiais que constituem um pavimento resistem aos esforços do tráfego e transfere-o para a camada inferior. Uma estrutura bem projetada suportará as tensões e deformações as quais estará sujeita e não permitirá que os deslocamentos gerados pelas cargas causem deformação excessiva ou ruptura. (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008).

Quando um carregamento é aplicada sobre um pavimento flexível essa carga é distribuída em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas e elas por sua vez sofrem uma deformação elástica significativa. Um pavimento constituído por uma base de brita ou uma base de solo pedregoso, revestida por uma camada asfáltica é um exemplo típico de pavimento asfáltico. (DNIT, 2006).

Um pavimento asfáltico, outra denominação de pavimento flexível, é constituído pelas camadas: revestimento asfáltico, base, sub-base, reforço do subleito e subleito. Como mostrado na figura abaixo (Figura 1). As camadas são formadas por materiais granulares, solos ou misturas de solos, sem adição de agentes cimentantes. A

construção de uma ou mais camadas está sujeita a fatores como: volume do tráfego, capacidade de suporte do subleito, da rigidez e espessura das camadas e condições ambientais. (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008).

FIGURA 1: PAVIMENTO ASFÁLTICO



Fonte: Bernucci, Motta, et al. (2008, p. 338)

2.2 Estruturas de um pavimento asfáltico

2.2.1 Revestimento asfáltico

O revestimento asfáltico é a camada que está em contato direto com as rodas dos veículos e com as camadas intermediárias. Esta camada possui a função de receber o carregamento imposto pelos veículos e transmiti-las de forma mais atenuada as camadas inferiores, impedir a passagem das águas da chuva para as camadas subsequentes e melhorar o conforto dos usuários durante as rolagens. (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008).

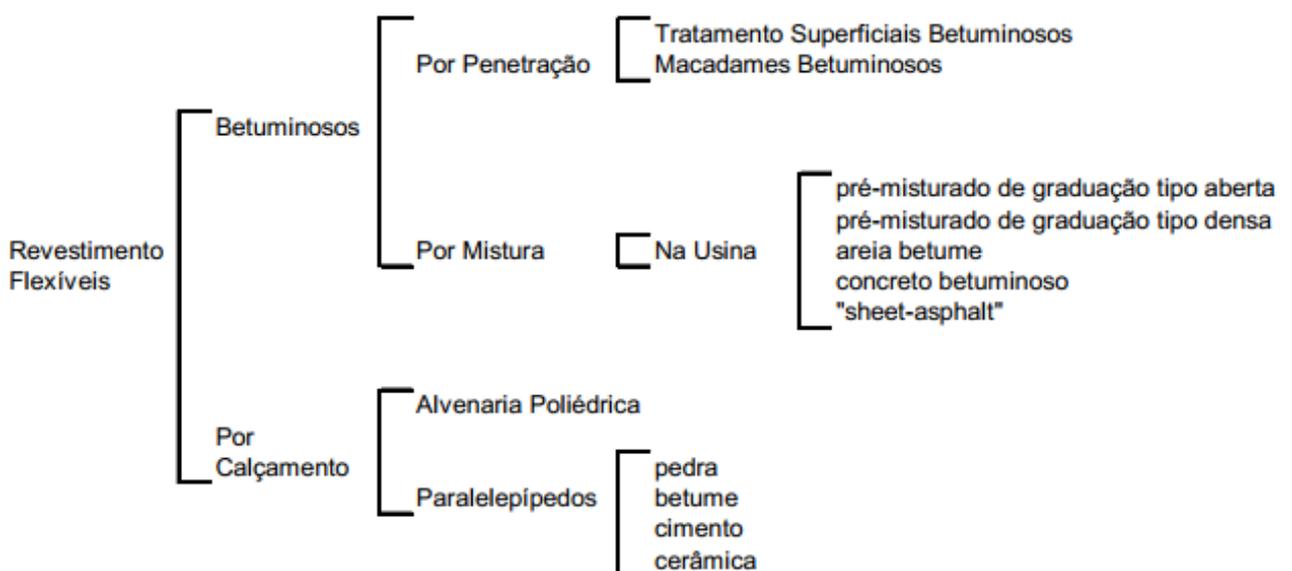
Segundo Senço (2007), os pavimentos que possuem subleito de boa qualidade dispensam a necessidade de outras camadas mais espessas e até dispensar a necessidade da construção de outras camadas como reforços ou sub-bases. A necessidade ou não de tais camadas e suas espessuras são determinadas através do dimensionamento dos pavimentos durante o planejamento do projeto.

Durante o planejamento são projetadas estruturas de pavimento para resistirem a inúmeras solicitações de carga que não deverão causar danos estruturais além do aceitável ou previsto. Tais danos são: a deformação permanente e a fadiga. O dimensionamento correto de uma estrutura de pavimento necessita conhecer profundamente as características estruturais dos materiais que compõem o pavimento, como por exemplo: a resistência à ruptura, a permeabilidade e a deformabilidade, quando do contínuo carregamento aplicado e os efeitos climáticos da região onde será construído. (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008).

Não é sugerido que a espessura do revestimento seja usada como opção para resolver problemas de resistência do solo. O revestimento é a camada mais nobre de um pavimento, pois é a camada que geralmente possui maior custo de construção e é também constituída de materiais que garantirão a eficiência da rodovia. É mais efetivo construir um pavimento com menor espessura do revestimento, mas com uma estrutura das camadas inferiores mais resistentes e estáveis. Em caso da necessidade de recapeamento pode-se aproveitar as camadas já construídas e aumentar sua resistência do pavimento. (SENÇO, 2007).

Segundo DNIT (2006, p. 98), os revestimentos podem ser classificados de acordo com o esquema abaixo (Figura 2):

FIGURA 2 – CLASSIFICAÇÃO DOS REVESTIMENTOS



Fonte: DNIT (2006, p. 98)

Segundo DNIT (2006, p. 98), “Os revestimentos betuminosos são constituídos por associação de agregados e materiais betuminosos.”

A aplicação do revestimento por aplicação pode ocorrer de duas formas: penetração direta ou invertida. A aplicação invertida ocorre quando é aplicado o material betuminoso, depois espalhado e comprimido junto a agregados minerais em camadas. Dependendo do número de camadas será intitulado tratamento superficial se for aplicado apenas uma camada simples. Duplo ou triplo se forem executadas duas ou três camadas, respectivamente. O tratamento simples é denominado capa selante por possuir a função principal de impermeabilizar ou até modificar a textura do pavimento (DNIT, 2006).

O revestimento por aplicação direta ocorrem primeiro a aplicação dos agregados, distribuição desses e em seguida sua compactação. Após a compactação, será aplicado o material betuminoso junto a uma camada de agregado miúdo. O macadame betuminoso é um exemplo típico de revestimento por aplicação direta. Contudo sua construção é similar ao tratamento duplo, ou seja, ocorre a alternância do material betuminoso e de agregados minerais. Dessa maneira é possível a construção de camadas com espessuras variadas. (DNIT, 2006).

Quando se define macadame betuminoso, Pinto e Preussler (2002, p. 20) entendem que:

O macadame betuminoso é o serviço por penetração, que envolve aplicações alternadas de ligante betuminoso e agregados minerais. O emprego desse tipo de serviço pode se dar como base ou revestimento, sendo neste último caso necessária a aplicação de uma capa selante. Diferencia-se do tratamento superficial devido à granulometria e à espessura.

De acordo com DNIT (2006, p. 99), “Nos revestimentos betuminosos por mistura, o agregado é pré-envolvido com material betuminoso, antes da compressão.”

Ao falar em pré-misturados, tem se alguns que diferem quanto ao processo construtivo. Os pré-misturados verdadeiros são aqueles em que a mistura entre o material betuminoso e os agregados foram feitos em usinas fixas. Os pré-misturados na pista ou road mixes, como o próprio nome já diz, é quando a mistura ocorre no local de aplicação do revestimento. (DNIT, 2006).

Quando da aplicação da mistura no pavimento têm se os pré-misturados a frio e os pré-misturados a quente. O primeiro permite o espalhamento do material na pista

à temperatura ambiente. O segundo deve estar aquecido para ser espalhado corretamente na pista. (DNIT, 2006).

As normas do DNIT (2006) empregam o termo pré-misturado de graduação tipo densa para o concreto asfáltico ou concreto betuminoso usinado à quente que requer algumas exigência quanto a granulometria, o teor de betume, a estabilidade, os vazios entre os agregados, os equipamentos utilizados na construção, etc.

Para Pinto e Preussler (2002, p. 21), cada função ou posição entre camadas do pavimento, o concreto asfáltico será produzido e empregado de maneiras diferentes. Receberá também as seguintes definições:

Camada de rolamento ou simplesmente capa asfáltica – camada superior da estrutura destinada a receber diretamente a ação do tráfego. A mistura empregada deve apresentar estabilidade e flexibilidade compatíveis com o funcionamento elástico da estrutura e condições de rugosidade que proporcionem segurança ao tráfego, mesmo sob condições climáticas e geométricas adversas; Camada de ligação ou binder – camada posicionada imediatamente abaixo da capa. Apresenta, em relação à mistura utilizada para camada de rolamento, diferenças de comportamento, decorrentes do emprego de agregado de maior diâmetro máximo, de maior percentagem de vazios e menor relação betume-vazios; Camada de nivelamento ou regularização – serviço executado com massa asfáltica de graduação fina, com a função de corrigir deformações ocorrentes na superfície de um antigo revestimento e, simultaneamente, promover a selagem de fissuras existentes.

As misturas pré-misturadas de graduação do tipo aberta ou pré-misturado a quente aberto possuem essa terminologia em razão da presença predominante de agregados graúdos que dá à mistura uma alta porcentagem de vazios junto ao cimento asfáltico e no momento da aplicação ela é espalhada e compactada a quente. Normalmente seu emprego é como camada intermediária logo abaixo de uma capa asfáltica. (PINTO e PREUSSLER, 2002).

Pinto e Preussler (2002, p. 21), destacam as seguintes aplicações para os revestimentos pré-misturados a quente aberto:

Camada de regularização, em obras de restauração onde, além da função estrutural, deseja-se corrigir deformações da pista existente;
Camada de revestimento, recebendo uma capa selante;
Camada delgada, aplicada sobre revestimentos, para prevenção contra derrapagens, compondo-se a mistura, neste caso com agregado de limitado diâmetro máximo.

Os pré-misturados areia-betume e os road mixes possuem predominante em suas constituições agregados artificiais ou naturais que passam na peneira nº10, ou seja, com diâmetros até 2 mm. (DNIT, 2006).

Segundo DNIT (2006, p. 99), “[...] a designação ‘Sheet-Asphalt’ tem sido usado para os pré-misturados areia-betume que satisfazem a exigência semelhantes às feitas para o concreto betuminoso.”

Calçamentos são utilizados, atualmente, apenas em áreas urbanas. Como essas áreas não permitem altas velocidades os inconvenientes gerados pelos calçamentos, como trepidação e sonoridade, são pouco sentidos ou diminuídos. Como zonas urbanas, frequentemente requerem a retirada dos pavimentos para serviços no subsolo, os calçamentos são excelentes escolhas pois oferecem facilidades quanto a retirada e permitem reaproveitamento quase total, apesar da inconveniente lentidão na execução. (SENÇO, 2007).

Os paralelepípedos são blocos regulares assentados em uma camada regularizada composta de material apropriado que permite a colocação adequada de cada bloco. Rejuntados com material da própria camada, com pedrisco, materiais ou misturas betuminosas ou com argamassa de cimento Portland. (DNIT, 2006).

Para o DNIT (2006, p. 100) a alvenaria poliédrica consiste:

[...] de camadas de pedras irregulares (dentro de determinadas tolerâncias), assentadas e comprimidas sobre um colchão de regularização, constituído de material granular apropriado; as juntas são tomadas com pequenas lascas de pedras e com o próprio material do colchão.

2.2.2 Base

Senço (2007) apresenta o seguinte esquema (Figura 3) para bases flexíveis:

FIGURA 3 – TIPOS DE BASES

| | | | |
|-------|-----------|-----------------------------------|----------------------------|
| Bases | Rígidas | Concreto de cimento | |
| | | Macadame de cimento | |
| | | Solo-cimento | |
| | Flexíveis | Solo estabilizado | Granulometricamente - SAFL |
| | | | Solo-betume - Solo-cal |
| | | | Solo-brita |
| | | Macadame hidráulico | |
| | | Brita graduada com ou sem cimento | |
| | | Macadame betuminoso | |
| | | Alvenaria poliédrica | por aproveitamento |
| | | Paralelepípedos | |

Fonte: Senço (2007, p. 25)

São empregadas técnicas de seleção e caracterização de propriedades para escolha correta dos materiais da base. Na seleção são averiguados os materiais disponíveis quanto suas características de natureza, que interferirão nas propriedades geotécnicas no estado compactado, para serem usados na estrutura dos pavimentos. Quando compactados, os materiais de pavimentação devem ser resistentes, pouco deformáveis e permeáveis de acordo com sua função no pavimento. (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008).

“Os materiais são basicamente constituídos por agregados, solos e, eventualmente, aditivos como cimento, cal, emulsão asfáltica, entre outros.” (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008, p. 339).

Para Senço (2007, p. 24), a base de solo estabilizado:

É uma camada construída com solo satisfazendo determinadas especificações – granulometria, limite de liquidez e índice de plasticidade – cuja estabilização pode ser conseguida de forma natural ou artificial. Quando a estabilização decorre da própria distribuição granulométrica dos grãos, permitindo a obtenção de uma base densa e relativamente impermeável, recebe o nome de base estabilizada granulometricamente. Quando a granulometria ideal é conseguida por meio da adição de pedra britada para suprir a ausência de material graúdo, a camada recebe o nome de solo brita. Essa adição e mistura do material graúdo é feita geralmente em usina. A estabilização pode ser obtida, finalmente, pela adição de um aglutinante, como o asfalto, por exemplo, recebendo a base o nome de solo asfalto ou solo betume.

As bases construídas de macadame hidráulico são camada de pedra britada, em tamanhos que permitam uma ótima compactação preenchidas por material mais fino e aglutinado por água. Os agregados pétreos principais devem ter tamanho máximo de 10 cm. (PINTO e PREUSSLER, 2002).

As base de macadame betuminoso são bem parecidas com macadame hidráulico. Difere da anterior por consistir de camadas de materiais britados interligados por pintura de material betuminoso. (PINTO e PREUSSLER, 2002).

A brita graduada tratada com cimento ou apenas brita graduada com cimento está sendo usada comumente no Brasil desde o final da década de 1970. Seu principal uso é em rodovias de alto volume de tráfego em pavimentos com revestimentos betuminosos, mas também ocorre de ser empregado como base de pavimentos intertravados ou sub-base de pavimentos rígidos. (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008).

A brita graduada simples ou brita graduada sem cimento está entre os materiais granulares mais utilizados no Brasil na construção de bases e sub-bases de pavimentos flexíveis. Em 1960, quando houve um aumento expressivo da malha rodoviária pavimentada, essa brita graduada passou a ser largamente utilizada. (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008).

São classificadas como por aproveitamento os pavimentos onde as camadas de paralelepípedos ou alvenaria poliédrica foram recapeados com uma camada de revestimentos de misturas betuminosas. Desse modo, os paralelepípedos ou alvenaria poliédrica que eram camadas de revestimentos, foram aproveitadas e passaram a ser camadas base flexíveis. (SENÇO, 2007).

2.2.3 Sub-base

A sub-base é uma camada que complementa a base. Faz se necessária quando por fatores técnicos e econômicos não for aconselhável construir a base sobre a camada de regularização do subleito ou sobre o reforço do subleito. Em via de regra, o material da sub-base deverá possuir qualidades técnicas superior ao reforço do subleito e a camada da base deverá ser construída com superioridade técnica à sub-base. (SENÇO, 2007).

A construção da sub-base dependerá da disponibilidade de bons materiais nas jazidas de empréstimos. Ela pode ser formada por uma ou mais camadas de materiais bem compactados. A escolha dos materiais para sub-base devem dar a camada alguns qualidades mínimas, como estabilidade e capacidade de suporte, excelente capacidade de drenar água acumulada e baixa suscetibilidade às mudanças volumétricas. Em razão desses requisitos, tornou-se mais frequente o uso de materiais granulares ou estabilizados. (PINTO e PREUSSLER, 2002).

A sub-base possui algumas funções secundárias, além de camada estrutural. Pinto e Preussler (2002, p. 14), definem essas funções como:

Prevenir a intrusão ou bombeamento do solo do subleito na base. O bombeamento contínuo de materiais do subleito levará o pavimento a ruína. Por outro lado, o bombeamento depende de três condições básicas: frequência de cargas pesadas; presença de solo de granulometria fina que possa ser carregado pela água; presença de água livre no pavimento, geralmente oriunda de infiltração pelas laterais ou trincas no pavimento; Prevenir o acúmulo de água livre no pavimento. Nesse caso, o material da sub-base deve ter qualidades granulométricas drenantes, ou então deve-se prever a inclusão de dispositivos de drenagem tais como colchão drenante, drenos “espinhas-de-peixe”, entre outros; Proporcionar uma plataforma de trabalho para os equipamentos pesados utilizados na fase de construção do pavimento.

2.2.4 Reforço do subleito

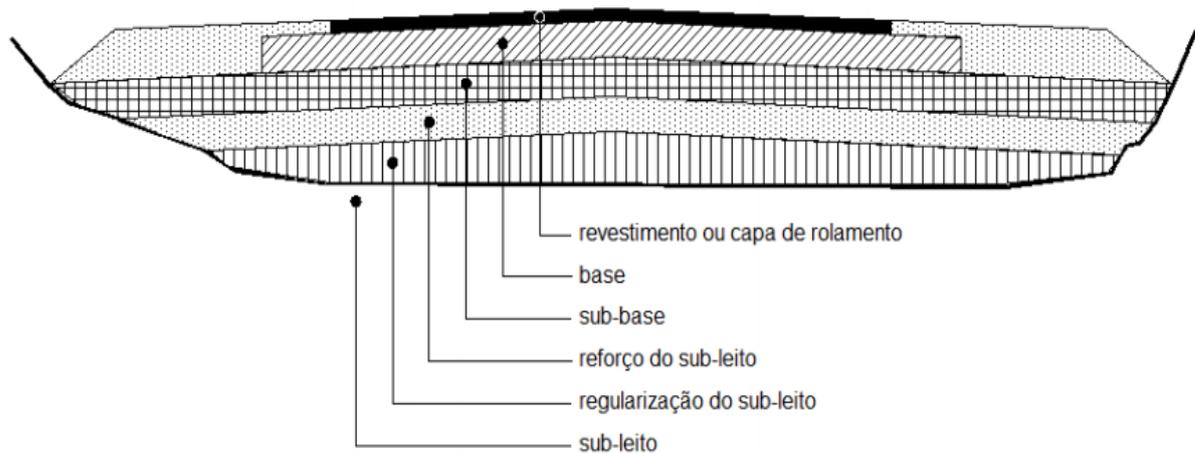
O reforço do subleito não é uma camada obrigatória. Construída acima da regularização do subleito e abaixo da sub-base com uma espessura constante. Possui qualidades técnicas superiores ao subleito e inferiores a sub-base. Por ser um complemento da sub-base, o reforço também tem a função de resistir e distribuir as cargas verticais de maneira mais uniforme sobre o subleito. (SENÇO, 2007)

2.2.5 Subleito

O subleito é o terreno que serve de fundação para o pavimento. Para Pinto e Preussler (2002, p. 4), [...] “é, pois, todo o maciço terroso limitado superiormente pelo leito da estrada.”

Para o preparo do subleito, antes da construção do reforço, é necessário um trabalho de regularização. Desse modo, é construída uma camada de regularização de espessura irregular, como representado na figura (Figura 4), com objetivo de adequar o subleito longitudinalmente e transversalmente, com o projeto. É necessário o devido cuidado técnico com a preparação do subleito, pois pode comprometer as outras camadas do pavimento. (PINTO e PREUSSLER, 2002).

FIGURA 4 – ESTRUTURA DE UM PAVIMENTO ASFÁLTICO



Fonte: Ribeiro (2017, p. 735)

2.3 Patologias em pavimentos asfálticos

As patologias ou defeitos superficiais são os problemas que mais afetam os usuários. As irregularidades atrapalham o conforto na rodagem dos motoristas. Ao mesmo tempo que afeta o conforto, essas irregularidades causam maiores custos com manutenção e custos operacionais como custo de combustível, de pneus e tempo de viagem. (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008).

A classificação dos defeitos superficiais, ou seja, que podem ser identificados a olho nu, se dá através de uma terminologia definida na norma 005/2003 do DNIT. Através do reconhecimento de defeitos presentes em um trecho de pavimento asfáltico é possível avaliar o nível da conservação, embasar o diagnóstico e definir uma solução tecnicamente adequada para uma melhor restauração do pavimento. (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008).

2.3.1 Tipos de defeito de superfície

Segundo o DNIT (2003), os defeitos superficiais que ocorrem no pavimento flexível podem ser classificados como: fenda, afundamento, ondulação ou corrugação, escorregamento, exsudação, desgaste, panela ou buraco e remendo.

2.3.1.1 Fenda

As fendas podem ser divididas em duas categorias. As fissuras e as trincas. Diferem entre si da espessura da abertura. A trinca possui uma abertura maior que a fissura, logo pode ser vista a olho nu mais facilmente enquanto a segunda somente a uma distância de menor que 1,50 m. Os métodos atuais de avaliação de condições da superfície consideram as fissuras como fendas simples que ainda não causam problemas funcionais ao revestimento. (DNIT, 2003).

As trincas podem ser divididas ainda como isoladas ou interligadas. A primeira pode ocorrer na forma longa ou curta, transversal ou longitudinal ou ainda na forma de trinca de retração. As trincas interligadas podem ocorrer na forma de couro de jacaré ou na forma de blocos. As trincas interligadas possuem as bordas bem definidas diferente das trincas em couro de jacaré que não possuem. (DNIT, 2003).

2.3.1.2 Afundamento

O afundamento que acontece nas formas plástico ou de consolidação, são deformações permanentes. Sua característica é uma depressão do pavimento seguido, ou não, de uma elevação do pavimento. As formas plásticas são acompanhadas por uma elevação e as formas de consolidação não causam essa elevação do pavimento. (DNIT, 2003).

2.3.1.3 Ondulação

O DNIT (2003, p. 3), define a ondulação ou corrugação como “deformação caracterizada por ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento.”

A ondulação ocorre devida a ruptura através do cisalhamento do revestimento ou na ligação entre o revestimento e o material de base devido as tensões causadas pelo tráfego. Os locais mais comuns onde ocorre esse defeito são nas zonas de aceleração ou frenagem dos veículos. (DNIT, 2006).

2.3.1.4 Escorregamento

O escorregamento é o: “deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de fendas em forma de meia-lua.” (DNIT, 2003, p. 3).

Inicialmente ocorre um trincamento parabólico no pavimento nos locais de tração das rodas dos veículos. Em consequência, ocorre o escorregamento da capa asfáltica causando a exposição das camadas subjacentes do pavimento. Esse defeito é muito comum em rampas íngremes, curvas com pequeno raio, próximo a paradas de ônibus etc. Porque são zonas de aceleração ou frenagem dos veículos. (DNIT, 2006).

2.3.1.5 Exsudação

A exsudação é definida como: “excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento, causado pela migração do ligante através do revestimento.” (DNIT, 2003, p. 3).

A migração do ligante para a superfície do pavimento causa a formação de uma camada parecidas com manchas de diversos tamanhos. Essa camada de material betuminoso causa a pouca aderência do asfalto aos pneus dos veículos, causando um problema funcional que se agrava quando sob tempo chuvoso. A exsudação

ocorre devido a dosagem inadequada da mistura asfáltica ou o ligante estava com a temperatura acima da prevista no instante da mistura. (DNIT, 2006).

Progressivamente os agregados vão sendo arrancados do pavimento por falta do envolvimento betuminoso. Como os ligantes asfálticos não conseguem manter os agregados presos contra a ação do tráfego, o revestimento passa a ter uma aspereza superficial anormal. A falta de cuidado na construção do pavimento ao permitir a presença de poeira entre agregado e ligante ou se a obra ocorreu em condições meteorológicas não ideais são alguns dos fatores que possibilitam o desgaste. (DNIT, 2006).

2.3.1.6 Panela

As panelas ou buracos são a evolução de outro problema que não foi resolvido. As trincas evoluem e findam por se ligar entre si de modo que criam placas sem ligação com o pavimento. Essas placas vão sendo arrancadas, até atingir a base do pavimento, em razão das tensões exercidas pelo tráfego de veículos pesados. Esse defeito torna-se mais grave por permitir um acesso mais fácil das águas superficiais, que já se infiltravam através das trincas, ao interior do pavimento. O trincamento avançado e o desgaste severo são as principais causas do problema que só tende a aumentar por causa do tráfego e da ação do clima. (DNIT, 2006)

2.3.1.7 Remendo

O remendo é a técnica utilizada para resolver o problema das panelas. Deve-se remover o material original e substituir por um novo do mesmo tipo ou de características semelhantes. “Remendos existentes são em geral considerados falhas, já que refletem o mau comportamento da estrutura original, gerando normalmente incremento na irregularidade longitudinal.” (DNIT, 2006, p. 68).

2.4 Técnicas de restauração asfáltica

Para escolher a melhor técnica de restauração é necessário, antes de mais nada, uma análise do estado atual do pavimento. Para coleta de dado da análise é necessário uma avaliação funcional e uma avaliação estrutural. (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008).

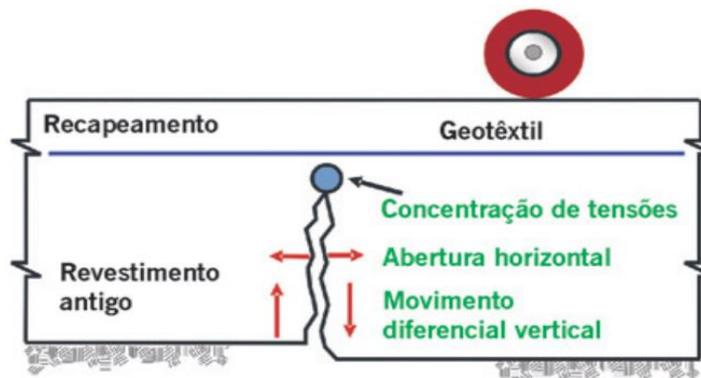
A restauração de um pavimento asfáltico não é unicamente para reparo de problemas estruturais ou funcionais. Quando é previsto o aumento de tráfego em um determinada via, devem ser aplicadas as técnicas que permitem o aumento da capacidade estrutural do pavimento. Podem ser através da aplicação de novas camadas, ou seja, um recapeamento. Ou a própria recuperação das camadas existentes, a reciclagem. (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008).

Principalmente o caso de trincas isoladas, pode se utilizar a técnica de selagem. A selagem de trincas impedirá a propagação da trinca e evitará a necessidade de uma restauração mais complexa. Quando o pavimento apresenta um elevado grau de trincamento, desagregação e extrema atividade abrasiva do tráfego faz se necessário a combinação de técnicas de restauração. Pode ser feito a fresagem do pavimento, uma reperfilagem com uma camada de concreto asfáltico e mais uma camada de microrrevestimento. (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008).

Para corrigir deformações e melhorar as condições de rodagem pode ser feito a reperfilagem que consiste na aplicação de uma camada fina de material betuminoso misturado. Em áreas mais irregulares são indicados os remendos localizados antes da execução da camada. (DNIT, 2006).

Nos casos de afundamento do pavimento, a correção seria restabelecer a seção transversal do pavimento. Contudo faz se necessário estudos especiais para definir o grau do problema. Os afundamentos localizados podem ser corrigidos mais facilmente restabelecendo a seção transversal com massa betuminosa. Em afundamentos de trilha de roda e afundamentos plásticos que possuem maior severidade de danos no pavimento faz necessário uma técnica mais robusta, como um recapeamento. (PINTO e PREUSSLER, 2002).

O recapeamento com concreto asfáltico é muito utilizado quando o pavimento apresenta irregularidade elevada. Além do SMA ou misturas descontínuas que permitem uma melhor condição de escoamento da água. Antes da aplicação da camada de recapeamento é ideal a fresagem em casos onde seja necessário a

FIGURA 5 - POSICIONAMENTO DE GEOTÊXTIL EM PAVIMENTO RECAPEADO

Fonte: Bernucci, Motta, et al. (2008, p. 469)

diminuição da propagação de trincas presentes no revestimento antigo. (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008).

Para uma ideal restauração do pavimento asfáltico não basta apenas uma camada de recapeamento. Devido as trincas existentes no revestimento antigo são criadas tensões de tração nas camadas de recapeamento. A reflexão das trincas ocorre normalmente das camadas inferiores em direção as camadas superiores. (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008).

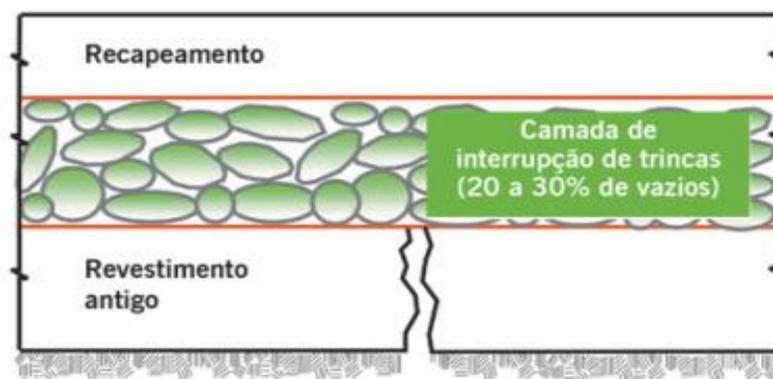
Para evitar a propagação dessas trincas, podem ser usadas algumas técnicas em conjunto com a camada de recapeamento. Uma delas é o emprego de geossintéticos, como mostra a Figura 5, que podem desviar as trincas ou converte-las em microfissuras a medida que se propagam. Os geotêxteis são empregados com ligante asfáltico entre o revestimento antigo e um recapeamento. Por ser impregnado com ligante asfáltico, ao se usar o geotêxtil, entre as camadas de revestimentos haverá uma maior taxa de ligante asfáltico. Maior do que se fosse usada apenas uma pintura de ligação. O geotêxtil causa um retardo na reflexão das trincas ou até refleti-las de modo atenuado e na direção horizontal. (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008).

Outra técnica que pode ser usada é executar uma camada de SAMI (stress absorbing membrane interlayer) sobre o revestimento antigo. A SAMI ou camada intermediária de alívio de tensões, em razão da característica elástica recuperadora do ligante asfáltico utilizado, age diminuindo os movimentos e as tensões na trincas ou juntas de baixa a média severidade. Ela pode constituída por microrrevestimento asfáltico, borracha de pneus, ligantes asfálticos modificados ou até misturas asfálticas

com alto teor de asfalto modificado em camadas finas. (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008).

As camadas de dissipação de trincas são aplicadas sobre o revestimento deteriorado e sobre ela uma camada de recapeamento asfáltico. Por causa do grande volume de vazios nesse tipo de camada, a propagação das trincas é interrompida. Até as propagações sujeitas a grandes movimentos. (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008)

FIGURA 6 - POSICIONAMENTO DE CAMADA DE INTERRUÇÃO DE TRINCAS



Fonte: Bernucci, Motta, *et al.* (2008, p. 473)

“São camadas granulares com poucos finos e agregados com diâmetro máximo de 75mm granulometria aberta e podem ser misturadas com pequeno teor de ligante asfáltico, tipicamente um pré-misturado a quente, que são executadas sobre o revestimento antigo deteriorado.” (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008, p. 472).

Aumentar a espessura de um recapeamento não previne de trincas por reflexão, contudo é uma opção pois diminui a velocidade de propagação e a gravidade das trincas refletidas. Os esforços de cisalhamento e flexão e a variação de temperatura no revestimento são reduzidos com o aumento da espessura. O custo-benefício dessa técnica é considerado quando da escolha da melhor técnica de reparação para o pavimento deteriorado. (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008).

Quando ocorre a ação combinada da umidade e do tráfego pesado no pavimento asfáltico, em determinado momento o pavimento irá apresentar defeitos. Ou até quando dá abertura de valas para construção ou manutenção das redes de água, esgoto, gás ou outros serviços. Em ambos os casos, a técnica mais utilizada é a execução do remendo. (YOSHIZANE, 2005).

Os buracos ou panelas são os principais defeitos que requerem a aplicação de um remendo o mais cedo possível. Os buracos permitem que a água penetre no pavimento, enfraqueça as camadas e acelere a deterioração do revestimento. Além dos problemas estruturais os buracos, que não recebem a aplicação de um remendo, causam desconforto, aumento dos custos de rodagem e afetam a segurança dos motoristas. (YOSHIZANE, 2005).

Nos casos em que o remendos serão permanentes são necessários que estes sejam remendos profundos. Ou seja, é necessário que seja feita a retirada de material da área danificada. A profundidade necessária será até que se estabeleça uma fundação firme. Caso seja necessário, pode se retirar até parte do subleito. (DNIT, 2006).

2.5 Etapas da execução de um remendo profundo

A correta execução de um remendo no pavimento asfáltico deve obedecer uma sequência de execução. Onde cada etapa deverá ser concluída completamente antes de passar para seguinte. A indisciplina em seguir a sequência de trabalhos poderá acarretar em um remendo defeituoso e/ou possibilitando o retorno do problema original. As panelas são caracterizadas pela necessidade de uma restauração pontual do revestimento asfáltico, mas suas origens podem ser em razão das camadas inferiores possuírem deficiência estrutural. Por isso é extremamente importante que as camadas inferiores afetadas sejam reparadas, pois caso contrário, um novo buraco irá surgir em pouco tempo. (DNIT, 2006).

O DNIT (2006, p. 209), em seu Manual de restauração de pavimentos asfálticos descreve oito etapas para execução ideal de um remendo. São elas:

1º Etapa: Sinalização

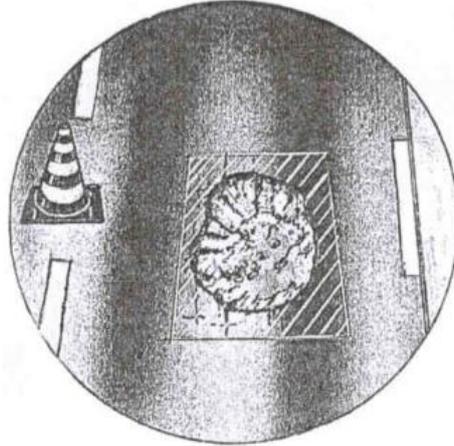
Disponibilizar os equipamentos de sinalização e controle de tráfego nos locais adequados.

2º Etapa: Demarcação da área a ser reparada

Identificado o local a ser reparado, deverá ser demarcada a área a ser reparada com tinta, giz ou lápis cera, de forma a que toda a parte

comprometida venha a ser retirada. Esta marcação deve ser feita com linhas retas, sempre que possível paralelas ao eixo da rodovia e perpendiculares ao mesmo. Não deve ser permitida a abertura da com bordos arredondados.

FIGURA 7 - DEMARCAÇÃO DO PERÍMETRO DA ÁREA A SER TRABALHADA

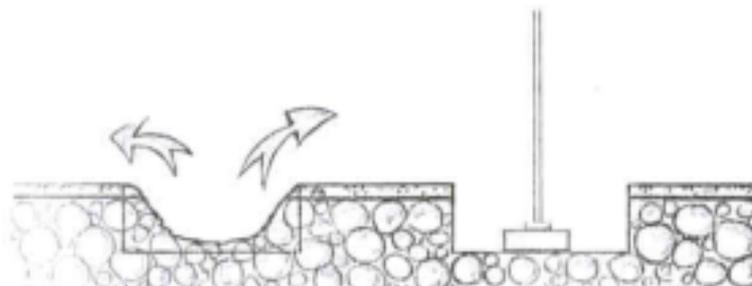


Fonte: IPR (2004, p. 03)

3º Etapa: Corte do material deteriorado

Faz-se o corte do material comprometido que, no caso do concreto asfáltico, deve ser realizado com o uso de compressor de ar equipado com martetele e ponteiro tipo pá. Caso não se disponha de compressor, usa-se a picareta. O corte deve atingir toda a espessura da camada de revestimento, orientando-se a escavação no sentido do centro do buraco para os bordos. Os bordos devem ser sempre verticais. O corte deve ser executado até a profundidade necessária para atingir material estável, a fim de obter uma boa fundação para o remendo. O fundo deve ser nivelado.

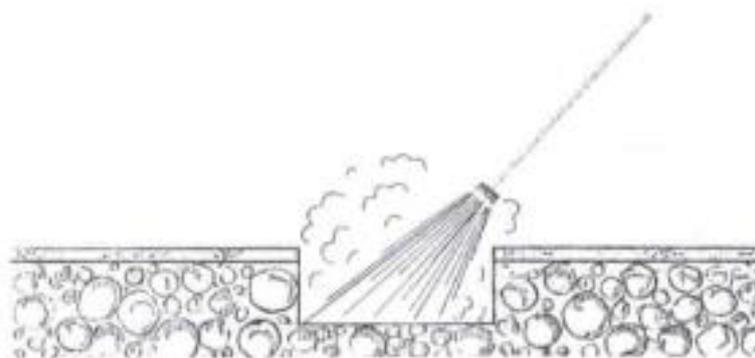
FIGURA 8 - CORTE E REMOÇÃO DO MATERIAL COMPROMETIDO



Fonte: IPR (2004, p. 04)

4º Etapa: Limpeza do buraco

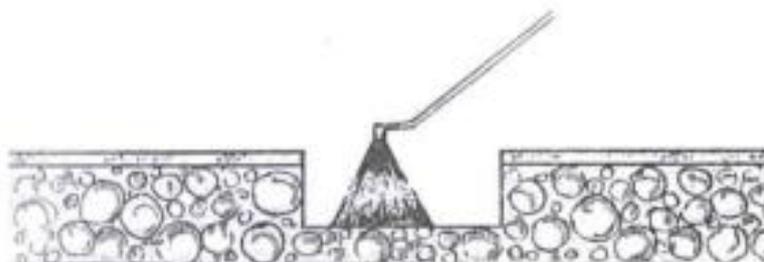
Após a escavação do material a ser substituído, deve ser feita a sua remoção, utilizando-se pás e ferramentas manuais, levando-se o material para o local afastado do buraco. Não deve ser permitido que este material seja abandonado no acostamento, na pista ou nos dispositivos de drenagem próximos. O pó remanescente no fundo da cava deve ser removido por jatos de ar comprimido. A cava deve ficar completamente limpa, sem qualquer material solto.

FIGURA 9 - LIMPEZA DA CAIXA

Fonte: IPR (2004, p. 04)

5º Etapa: Pintura de ligação

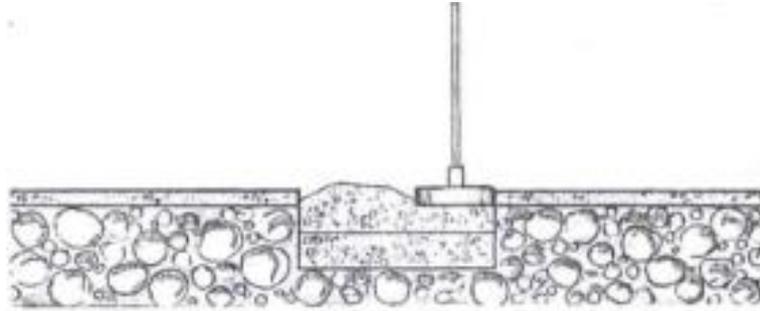
Concluída a limpeza e após a inspeção da cava para verificar se todo o material comprometido foi removido, faz-se a pintura de ligação nas paredes e no fundo da escavação. Aplica-se emulsão asfáltica ou asfalto diluído com o espargidor de asfalto ou dispositivo manual. A película ligante deve cobrir integralmente as paredes e o fundo da cava e deve-se cuidar para que não seja fina ou espessa demais.

FIGURA 10 - APLICAÇÃO DA PINTURA DE LIGAÇÃO

Fonte: IPR (2004, p. 04)

6º Etapa: Lançamento e espalhamento da mistura betuminosa

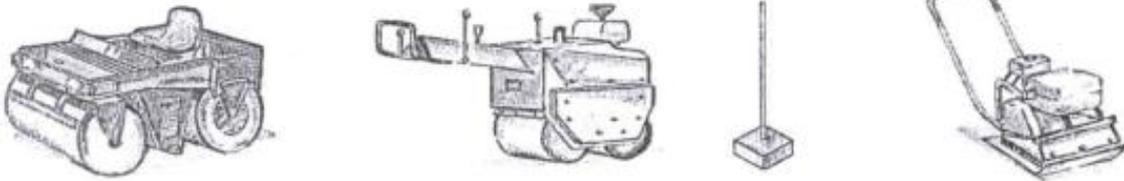
Após a aplicação da pintura de ligação, deverá ser lançado no buraco o material de reposição utilizando-se, conforme o caso, pré-misturado a frio ou o próprio concreto asfáltico, quando se dispuser de usina nas proximidades. Qualquer que seja a natureza ou origem da mistura, sua confecção deverá obedecer a prescrições de execução adequadas e dosagens controladas. O lançamento da mistura na cava não deve ser feita com o basculamento do material, o que provocaria a segregação dos grãos mais graúdos do agregado. Utiliza-se para isto o lançamento com pás quadradas, começando o lançamento no sentido dos bordos para o centro. Outra cautela a se adotar diz respeito à espessura da camada, que não deve exercer 10 cm, exigindo-se que, para camadas mais profundas, o lançamento se faça por etapas de 10 cm. Depois de lançado o material na área do reparo, faz-se o seu espalhamento com ancinho, previamente umedecido com óleo, para não permitir a formação de torrões. A colocação do material no local do reparo deve prever um pequeno excesso para compensar o rebaixamento com a compactação.

FIGURA 11 - ENCHIMENTO DA CAIXA

Fonte: IPR (2004, p. 05)

7º Etapa: Compactação da mistura betuminosa

Após a colocação do material e a verificação de que na periferia do remendo não existe material em excesso, inicia-se a sua compactação junto das paredes verticais, progredindo-se em direção ao centro do remendo. Deve ser verificado nas bordas do remendo a compactação adequada do material recém colocado, de maneira que não surja um ressalto entre o pavimento antigo e o remendo executado. Na compactação podem ser utilizados os seguintes equipamentos: rolo liso vibratório (solução mais conveniente); rolo liso comum; e placa vibratória; socador manual (solução menos indicada).

FIGURA 12 - COMPACTAÇÃO DA MISTURA

Fonte: IPR (2004, p. 05)

8º Etapa: Limpeza do local

Após a compactação do remendo segue-se a limpeza da área. Isto compreende a remoção de todas as sobras e detritos, que deverão ser recolhidos e lançados em locais convenientes. Os resíduos não devem ser lançados na pista, nos acostamentos ou em locais que possam comprometer a eficiência do sistema de drenagem.

2.6 Operações “Tapa-buraco” em Manaus

Em Manaus, capital do Amazonas, é visto a grande necessidade de obras de recuperação dos pavimentos asfálticos das ruas e avenidas urbanas. Essa

necessidade se dá, em grande parte, pelo clima. A região amazônica apresenta uma alta amplitude térmica e pluviométrica. Como é mostrado a seguir (Gráfico 1):

GRÁFICO 1 - AMPLITUDE TÉRMICA E PLUVIOMÉTRICA EM MANAUS



Fonte: Ribeiro (2018)

Como pode ser visto no gráfico, Manaus possui uma amplitude térmica que pode variar de 22,5°C a 33°C, aproximadamente. E uma pluviosidade bem distribuída durante o ano. Segundo Ribeiro, “As médias são elevadas e bem distribuídas ao longo do ano, com média pluviométrica anual superior a 2000mm, chegando a mais de 3000mm nas áreas mais chuvosas.”

Os trabalhos de pavimentação não devem ocorrer nos períodos de chuva. Pois não seria possível realizar um controle tecnológico adequado. Desse modo, as cidades na região amazônica estão restritas a alguns meses de secas para realizar seus trabalhos de pavimentação. Observando o gráfico, pode se ver que esse período de seca, geralmente, ocorre de Junho a Novembro. Contudo, ainda podem ocorrer chuvas mesmo em períodos de secas. O que causaria uma paralização dos trabalhos.

Na última semana de março de 2013, o Governo do Amazonas realizou operações “tapa-buraco” em vias urbanas de Manaus. Através da Secretaria de Estado da Região Metropolitana de Manaus (SRMM), foram executados trabalhos de “tapa-buraco” e recapeamento asfáltico nas ruas dos conjuntos Cidadão XII, João

Paulo II e na avenida Torquato Tapajós, na zona norte de Manaus. (Governo do Estado do Amazonas, 2013).

Em Janeiro de 2015, a Prefeitura de Manaus em 3 dias de trabalho, realizou operações “tapa-buraco” e recapeamento que beneficiaram 150 vias urbanas por toda a cidade. Foram empregados 1,2 mil homens nos serviços com o intuito de aproveitar ao máximo o período de seca. Para conseguir essa produção, os trabalhos foram executados em 3 turnos diários. A noite, eram abertas 5 frentes de trabalhos para conseguir aproveitar o intervalo entre as chuvas. Foram utilizados cerca de 500 toneladas de asfalto por dia nos 63 bairros. (Portal do Holanda, 2015).

FIGURA 13 - OPERAÇÃO "TAPA-BURACO" EM MANAUS



Fonte: Portal do Holanda (2015)

3 CONCLUSÃO

No meio acadêmico há uma grande quantidade de bibliografias sobre o assunto de pavimentação asfáltica. O próprio DNIT produziu manuais sobre os pavimentos flexíveis e rígidos e sobre as patologias de ambos. Com o objetivo de auxiliar no estudo das técnicas de construção do pavimento ideal para cada situação ou local. Para cada rodovia, haverá um estudo prévio sobre o tipo de pavimento a ser construído, que levará em conta o tipo de tráfego previsto, o tipo de solo onde será construído a rodovia, as camadas que deverão ser construídas e outras especificações que deverão estar descritas no projeto.

Algumas bibliografia apresentavam melhor explicação sobre o tipo de pavimento e como são divididos. Outra apenas citava o as camadas do pavimento. Neste trabalho foi apresentado os conhecimentos básicos e necessários para conhecer o tipo de pavimento que será trabalhado, principalmente nos projetos de restauração do pavimento.

Como foi apresentado, os pavimentos flexíveis apresentam diversos tipos de patologias superficiais e estruturais. As técnicas para restauração dessas patologias, que foram descritas neste trabalho, são as correções ideias.

As patologias dos pavimentos que são mais danosos aos usuários são os buracos ou panelas. Para correção desses problemas estruturais são empregados as técnicas de “tapa-buraco”. O DNIT em seu manual de restauração de pavimentos flexíveis, apresenta o passo-a-passo ideal para uma correta operação de “tapa buraco”.

As operações de “tapa-buraco” são medidas de correção de falhas estruturais nos pavimentos. Em Manaus, pode ser visto uma grande necessidade dessas operações. A alta pluviosidade e alta amplitude térmica da região amazônica causa um diminuição da vida útil do pavimento. As fortes chuvas na região agravam os defeitos já existentes em decorrência da infiltração nas camadas do pavimento.

A pluviosidade da região dificulta no planejamento dos órgãos públicos, pois esses precisam planejar os reparos dos pavimento durante o período de seca ou nos intervalos das chuvas. O período de seca da região amazônica ocorre de Junho a Novembro, período conhecido como verão amazônico, contudo, pode ser visto que a

Prefeitura de Manaus tenta executar algumas operações “tapa-buraco” durante os outros meses do ano.

O remendo do pavimento não pode ser feito durante as chuvas, ou seja, é necessário esperar um intervalo de seca. Quando é observado esse intervalo a Prefeitura tenta otimizar o máximo o tempo disponível com trabalhos em várias frentes, com três turnos diários e empregando um grande efetivo. Essas medidas permitem que várias vias urbanas sejam atendidas em pouco tempo, antes que recomecem as chuvas.

REFERÊNCIAS

- BERNUCCI, L. B. et al. **Pavimentação asfáltica**: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: PETROBRAS, 2008.
- BRITO, G. F. D.; CHOI, V. P.; ALMEIDA, A. D. **Manual ABNT**: regras gerais de estilo e formatação de trabalhos acadêmicos. 4ª. ed. São Paulo: [s.n.], 2014.
- DNIT. **DNIT 005-TER**: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos - terminologia. Rio de Janeiro: [s.n.], 2003.
- DNIT. **Manual de pavimentação**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: IPR, 2006.
- DNIT. **Manual de restauração de pavimentos asfálticos**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 2006.
- GOVERNO do Estado do Amazonas. **Governo do Amazonas realiza operação tapa buraco em vias urbanas de Manaus**, 2013. Disponível em: <<http://www.amazonas.am.gov.br/2013/03/governo-do-amazonas-realiza-operacao-tapa-buraco-em-vias-urbanas-de-manaus/>>. Acesso em: 26 Junho 2018.
- PINTO, S.; PREUSSLER, E. **Pavimentação rodoviária**: conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis. 2ª. ed. Rio de Janeiro: S.Pinto, 2002.
- PORTAL do Holanda. **Operação tapa-buraco e de recapeamento já beneficiou 150 vias**, 2015. Disponível em: <<http://www.portaldoholanda.com.br/manaus-amazonas/operacao-tapa-buracos-e-de-recapeamento-ja-beneficiou-150-vias>>. Acesso em: 26 Junho 2018.
- RIBEIRO, A. **Mundo Educação**, 2018. Disponível em: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/clima-equatorial.htm>>. Acesso em: 26 Junho 2018.
- RIBEIRO, T. P. Estudo Descritivo das Principais Patologias em Pavimento Flexível. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. I, n. 04, p. 733-754, Julho 2017. ISSN ISSN:2448-0959.
- SEMINF. Prefeitura de Manaus. **Prefeitura atua com frentes de tapa-buracos em diversas zonas da cidade**, 2017. Disponível em: <<http://www.manaus.am.gov.br/noticia/prefeitura-atua-com-frentes-de-tapa-buracos-em-diversas-zonas-da-cidade/>>. Acesso em: 05 Junho 2018.
- SENÇO, W. D. **Manual de técnicas de pavimentação**. 2ª. ed. São Paulo: PINI, v. I, 2007.
- YOSHIZANE, H. P. **Defeitos, manutenção e reabilitação de pavimento asfáltico**. Universidade Estadual de Campinas, Centro Superior de Educação Tecnológica CESET. Limeira, p. 24. 2005.