



FACULDADE DE EDUCAÇÃO E MEIO AMBIENTE

FABIO FERNANDES SOARES

**ESTUDO SOBRE A UTILIZAÇÃO DO PRÉ-MISTURADO A FRIO PELA
SECRETARIA MUNICIPAL DE OBRAS DE ARIQUEMES-RO**

ARIQUEMES – RO

2021

FABIO FERNANDES SOARES

**ESTUDO SOBRE A UTILIZAÇÃO DO PRÉ-MISTURADO A FRIO PELA
SECRETARIA MUNICIPAL DE OBRAS DE ARIQUEMES-RO**

Trabalho de Conclusão de Curso para a obtenção do grau em Bacharelado em Engenharia Civil apresentado à Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA.

Orientador: Prof. Esp. João Victor da Silva Costa.

Ariquemes - RO

2021

FICHA CATALOGRÁFICA
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S676e Soares, Fabio Fernandes

Estudo sobre a utilização do Pré-Misturado a Frio pela Secretaria Municipal de Obras de Ariquemes – RO. / Fabio Fernandes Soares. Ariquemes, RO: Faculdade de Educação e Meio Ambiente, 2021.

70 f. ; il.

Orientador: Prof. Esp. João Victor da Silva Costa.

Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Engenharia Civil – Faculdade de Educação e Meio Ambiente, Ariquemes RO, 2021.

1. Pré-Misturado a Frio (PMF). 2. Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ). 3. Tapa buracos. 4. Custo-benefício. 5. Construção Civil. I. Título. II. Costa, João Victor da Silva.

CDD 624

Bibliotecária Responsável
Herta Maria de Açucena do N. Soeiro
CRB 1114/11

FABIO FERNANDES SOARES

**ESTUDO SOBRE A UTILIZAÇÃO DO PRÉ MISTURADO A FRIO PELA
SECRETARIA MUNICIPAL DE OBRAS DE ARIQUEMES-RO**

Trabalho de Conclusão de Curso para a
obtenção do grau em Bacharelado em
Engenharia Civil da Faculdade de
Educação e Meio Ambiente – FAEMA.

Banca examinadora

Prof. Orientador Esp. João Victor da Silva Costa
Faculdade de educação e meio ambiente – FAEMA

Prof.^a Me. Ana Carolina Silvério de Oliveira
Faculdade de educação e meio ambiente – FAEMA

Prof. Dr. Driano Rezende
Faculdade de educação e meio ambiente - FAEMA

Ariquemes – RO

2021

Dedico à minha Mãe, por tudo de bom que
tenho em minha vida! Amor eterno.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida, saúde e sabedoria, pela benção de ter concluído este curso de engenharia civil.

A minha mãe que sempre me motivou a estudar e nunca desistir dos meus sonhos, sei que onde está, está muito orgulhosa de mais uma conquista do seu filho.

A minha esposa e filhos, pela paciência, pela motivação, obrigado meus amores, esta conquista é nossa.

Agradeço a toda minha família e amigos pelo apoio e por me incentivarem sempre.

Aos meus colegas de faculdade que estiveram sempre junto comigo, sempre incentivando e ajudando.

A todo o corpo de docentes pela paciência e pela determinação em nos passar seus conhecimentos, em especial ao meu orientador prof. Esp. João Victor da Silva Costa.

“A persistência é o caminho do êxito.”

Charles Chaplin.

RESUMO

A pavimentação asfáltica possibilita vários benefícios para um país, desde o escoamento da produção que abrange vários setores até a melhoria da qualidade de vida da população, conforto, segurança, dentre outras. Com a escassez de rodovias pavimentadas no país torna-se necessários estudos que possam viabilizar as melhores alternativas para atender a qualidade destes pavimentos. O PMF (Pré-misturado à Frio) e CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado à Quente), são os revestimentos asfálticos mais utilizados no Brasil. O presente trabalho teve por objetivo realizar um estudo sobre a utilização do revestimento asfáltico PMF pela SEMOSP (Secretaria municipal de Obras e Serviços Públicos) da cidade de Ariquemes-RO. A metodologia utilizada comparou a produção e a sua utilização com a do revestimento asfáltico CBUQ, utilizados nos serviços de tapa buracos, tomando como base, estudos teóricos. As informações quantitativas e qualitativas dos materiais estudados foram adquiridas através da SEMOSP do município, órgão que executa o determinado serviço. Através das informações técnicas, custos de produção, usinagem e aplicação no tapa buraco, foi possível verificar que o PMF possui vantagens comparado ao CBUQ: facilidade de produção, transporte, aplicação e manuseio da mistura em campo; aplicação à frio e de forma rápida; possibilidade de estocagem; utilização de maquinários simples para a fabricação e menos poluente ao meio ambiente, tornando-o assim uma boa opção para os serviços em manutenções de pavimentos asfálticos urbanos.

Palavras-chave: PMF. CBUQ. Tapa buracos. Custos.

ABSTRACT

Asphalt paving provides several benefits for a country, from the flow of production that covers several sectors to the improvement of the population's quality of life, comfort, safety, among others. With the scarcity of paved highways in the country, studies are needed that can enable the best alternatives to meet the quality of these pavements. PMF (Pre-Mixed Cold) and CBUQ (Hot Machined Bituminous Concrete) are the most used asphalt coatings in Brazil. This work aimed to carry out a study on the use of asphalt coating PMF by SEMOSP (Municipal Department of Public Works and Services) in the city of Ariquemes-RO. The methodology used compared the production and its use with that of the asphalt coating CBUQ, used in hole filling services, based on theoretical studies. Quantitative and qualitative information on the materials studied were acquired through the municipality's SEMOSP, the agency that performs the given service. Through technical information, production costs, machining and application in the hole plug, it was possible to verify that the PMF has advantages compared to the CBUQ: ease of production, transport, application and handling of the mixture in the field; cold and quick application; possibility of storage; use of simple machinery for manufacturing and less polluting to the environment, making it a good option for services in urban asphalt pavement maintenance.

Key-words: FAQ. CBUQ. Plug holes. Costs.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 01 – Corte transversal de um pavimento flexível | 20 |
| Figura 02 – Corte transversal de um pavimento rígido | 21 |
| Figura 03 – Estruturas dos pavimentos | 22 |
| Figura 04 – Classificação dos revestimentos | 24 |
| Figura 05 – Revestimento asfáltico PMF espalhado | 26 |
| Figura 06 – Usina estacionária de produção do PMF | 27 |
| Figura 07 – Processo industrial da fabricação da EAP | 28 |
| Figura 08 – Classificação dos agregados | 30 |
| Figura 09 – Tanque de armazenamento de emulsão asfáltica | 31 |
| Figura 10 – Deposito para agregados (silos) | 32 |
| Figura 11 – Espalhamento da mistura com a Vibro acabadora | 33 |
| Figura 12 – Rolo pneumático | 34 |
| Figura 13 – Rolo liso vibratório | 34 |
| Figura 14 – Tipos de patologia | 37 |
| Figura 15 – Remendo superficial, pintura de ligação | 40 |
| Figura 16 – Remendo superficial, compactação | 40 |
| Figura 17 – Remendo profundo | 41 |
| Figura 18 – Usina asfáltica por batelada ou gravimétrica | 45 |
| Figura 19 – Usina asfáltica contínua | 45 |
| Figura 20 – Mistura dos agregados | 49 |
| Figura 21 – Abastecimento do silo | 50 |
| Figura 22 – Deslocamento e pesagem do agregado para o misturador | 50 |
| Figura 23 – Misturador | 50 |
| Figura 24 – Abastecimento do caminhão basculante | 51 |
| Figura 25 – Processo de Usinagem | 51 |
| Figura 26 – Estocagem do PMF | 52 |
| Figura 27 – Buraco e trincas no pavimento – RUA ESTRELA DALVA | 54 |
| Figura 28 – Buraco necessitando de remendo profundo – RUA ESTRELA DALVA | 54 |
| Figura 29 – Limpeza para execução de remendo superficial | 55 |
| Figura 30 – Limpeza para execução de remendo profundo | 55 |
| Figura 31 – Pintura de ligação no remendo superficial | 56 |

| | |
|---|----|
| Figura 32 – Pintura de ligação no remendo profundo | 56 |
| Figura 33 – Aplicação da mistura asfáltica PMF – RUA ESTRELA DALVA | 57 |
| Figura 34 – Compactação da mistura asfáltica PMF | 58 |
| Figura 35 – Traço para CBUQ para manutenção e restauração de pavimentos | 61 |
| Figura 36 – Comparação do custo do PMF e CBUQ..... | 63 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 01 – Composição do PMF – Tolerâncias | 30 |
| Tabela 02 – Memorial de cálculo com o custo da produção do PMF | 60 |
| Tabela 03 – Valor total da produção da mistura PMF | 60 |
| Tabela 04 – Memorial de cálculo com o custo da produção do CBUQ | 61 |
| Tabela 05 – Valor total da produção da mistura CBUQ | 62 |
| Tabela 06 – Memorial de cálculo do gasto com tapa buraco no mês | 64 |
| Tabela 07 – Memorial de cálculo da comparação | 65 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|--------|---|
| CAP | Cimento Asfáltico de Petróleo |
| CBUQ | Concreto Betuminoso Usinado à Quente |
| CNT | Confederação Nacional dos Transportes |
| DNIT | Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte |
| EAP | Emulsão Asfáltica de Petróleo |
| LA-C | Emulsão Catiônica para Lama Asfáltica |
| LA-E | Emulsão Especial para Lama Asfáltica |
| PMF | Pré-misturado a Frio |
| RL 1C | Ruptura Lenta Catiônica |
| RR 1C | Ruptura Rápida Catiônica |
| SEMOSP | Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos |

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 16 |
| 2 | OBJETIVOS | 18 |
| 2.1 | OBJETIVO PRIMÁRIO | 18 |
| 2.2 | OBJETIVOS SECUNDÁRIOS | 18 |
| 3 | REVISÃO DE LITERATURA | 19 |
| 3.1 | PAVIMENTAÇÃO | 19 |
| 3.1.1 | Classificação dos pavimentos | 19 |
| 3.1.1.1 | Pavimentos flexível | 20 |
| 3.1.1.2 | Pavimentos semirrígidos | 20 |
| 3.1.1.3 | Pavimentos rígido | 21 |
| 3.1.2 | Estrutura dos pavimentos | 22 |
| 3.1.2.1 | Subleito | 23 |
| 3.1.2.2 | Reforço do subleito | 23 |
| 3.1.2.3 | Sub-base | 23 |
| 3.1.2.4 | Base | 23 |
| 3.1.2.5 | Revestimentos | 24 |
| 3.2 | REVESTIMENTO ASFÁLTICO PMF | 25 |
| 3.2.1 | Processo de produção do PMF | 26 |
| 3.2.1.1 | Materiais | 27 |
| 3.2.1.1.1 | <i>Emulsão asfáltica de petróleo - EAP</i> | 27 |
| 3.2.1.1.2 | <i>Agregados</i> | 29 |
| 3.2.1.2 | Composição da mistura | 30 |
| 3.2.2 | Equipamentos | 31 |
| 3.2.2.1 | Depósito para emulsão asfáltica | 31 |
| 3.2.2.2 | Depósito para agregados | 32 |
| 3.2.2.3 | Caminhões para transportar a mistura | 32 |
| 3.2.2.4 | Equipamento para o espalhamento do PMF | 33 |
| 3.2.2.5 | Equipamento para compactação da mistura PMF | 33 |

| | | |
|---------|---|-----------|
| 3.3 | MANUTENÇÃO DE PAVIMENTOS | 34 |
| 3.3.1 | Tipos de patologia..... | 35 |
| 3.3.2 | Execução dos serviços de tapa buracos | 37 |
| 3.4 | REVESTIMENTO ASFÁLTICO EM CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE (CBUQ)..... | 42 |
| 3.4.1 | Processo de produção do CBUQ | 44 |
| 3.4.1.1 | Tipos de usinas | 44 |
| 4 | METODOLOGIA | 46 |
| 5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 48 |
| 5.1 | PROCESSO DE USINAGEM DO PMF | 48 |
| 5.1.1 | Mistura dos materiais pétreos (agregados) | 48 |
| 5.1.2 | Processo de produção | 49 |
| 5.1.3 | Estocagem | 51 |
| 5.1.4 | Discussões | 52 |
| 5.2 | MÉTODO DE EXECUÇÃO DO TAPA BURACO PELA SEMOSP | 53 |
| 5.2.1 | Equipamentos utilizados | 53 |
| 5.2.2 | Materiais empregados..... | 53 |
| 5.2.3 | Execução..... | 54 |
| 5.2.4 | Limpeza do buraco..... | 55 |
| 5.2.5 | Pintura de ligação..... | 56 |
| 5.2.6 | Aplicação do PMF..... | 57 |
| 5.2.7 | Compactação | 57 |
| 5.2.8 | Discussões | 58 |
| 5.3 | ANÁLISE DO CUSTO DE PRODUÇÃO DO PMF E DO CBUQ..... | 59 |
| 5.3.1 | Custo da produção do PMF | 59 |
| 5.3.2 | Custo da produção do CBUQ | 60 |
| 5.3.3 | Discussões | 62 |
| 5.4 | LEVANTAMENTO DA QUANTIDADE DO PMF GASTO PELA SEMOSP NO TAPA BURACO | 64 |
| 5.4.1 | Cálculo de comparação da quantidade de recapeamento que poderia ser executado com o mesmo PMF gasto no tapa buraco pela prefeitura no mês..... | 64 |
| 5.4.2 | Discussões | 65 |

| | |
|---|-----------|
| CONCLUSÃO | 66 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 67 |

1 INTRODUÇÃO

A construção de estradas surgiu a partir da necessidade que o homem precisou se deslocar por um percurso maior em um menor tempo, e vem se aperfeiçoando cada vez mais com os avanços da ciência e tecnologia. Com o avanço da ocupação urbana a construção de estradas precisou de maiores investimentos em sua infraestrutura para garantir segurança, comodidade e uma melhor trafegabilidade para os usuários.

A pavimentação asfáltica é sinônimo de melhoria e caracteriza o crescimento socioeconômico de um país. Estimula a cadeia produtiva, promove o escoamento da produção, seja na agricultura, pecuária, indústrias e serviços, entre outros. Ela também democratiza e viabiliza o acesso do usuário, com mais segurança, conforto e rapidez, proporcionando assim mais qualidade de vida (ABEDA, 2015).

Segundo a Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2017), mesmo que o modal rodoviário seja o mais importante para economia brasileira, sua malha viária pavimentada ainda é muito pequena se comparando com a sua extensão total. O Brasil possui um total de 1.720.756 km de rodovias, apenas 12,3% pavimentadas, 9,1% planejadas e 78,6% não possui pavimentação. No Brasil os revestimentos asfálticos mais utilizados nas pavimentações asfálticas são os revestimentos betuminosos por misturas, a qual o agregado é pré-envolvido com o material betuminoso, antes de ser comprimido. Onde temos o Pré-misturado a Frio (PMF) e o Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ).

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte-DNIT (2006), determina o CBUQ como uma mistura executada a quente, em usina adequada, com propriedades específicas, combinada de agregado graduado, material de enchimento (fíler) quando necessário e cimento asfáltico de petróleo (CAP), espalhada e compactada a quente. Pode ser utilizado como camada de ligação (binder), revestimento, base, regularização ou reforço do pavimento, e na parte de execução dos serviços não podem ser realizados em dias chuvosos.

O PMF com emulsão asfáltica convencional, é uma mistura formulada à temperatura ambiente, em usina adequada, produzida de agregado graúdos e miúdos, material de enchimento (fíler) quando necessário e emulsão asfáltica, comprimida à

frio, pode ser utilizado como revestimento, regularização, reforço ou restauração de pavimento (DNIT, 2010).

O PMF quando comparado ao CBUQ possui várias vantagens, custos menores com emulsão asfáltica e equipamentos para usinagem e aplicação, pode ser estocado por um determinado período, tem possibilidade de trabalhar com os agregados úmidos e a emissão de gases tóxicos é bem menor. Conforme Santos (2002), possui um custo menor por que não necessita ter gastos com energia para aquecer os materiais, e também devido a sua composição ser com emulsão asfáltica de petróleo e ter o valor menor que o CAP.

Segundo Guimarães e Loures (2015), também devido o processo de aplicação do CBUQ ser em alta temperatura, surgem os fumos, da composição de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA), e estes são cancerígenos, colocando em risco à saúde dos trabalhadores envolvidos no processo de aplicação.

Dado o exposto, o presente trabalho realizou um estudo da utilização do PMF pela Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos-SEMOSP de Ariquemes-RO, onde se verificou o processo de usinagem, determinando custos e a forma utilizado no serviço de tapa buraco.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO PRIMÁRIO

Estudar os procedimentos da utilização do Pré-misturado a Frio pela Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos da cidade de Ariquemes-RO.

2.2 OBJETIVOS SECUNDÁRIOS

- Verificar se o processo de usinagem do PMF pela SEMOSP está de acordo com as normas;
- Avaliar a execução da utilização do PMF pela SEMOSP no serviço de tapa buraco, junto às normas;
- Realizar um levantamento do custo da produção do revestimento asfáltico PMF e do CBUQ;
- Fazer um levantamento da quantidade de PMF que é utilizado no serviço de tapa buraco pela SEMOSP.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 PAVIMENTAÇÃO

Segundo o manual de pavimentação DNIT (2006), o pavimento consiste em uma superestrutura com diversas camadas de espessuras finitas, assentadas em cima de um semiespaço teoricamente infinito, a infraestrutura ou terreno de fundação, onde é chamada subleito.

O pavimento tem como característica uma estrutura com diversas camadas de alturas finitas, assentadas sobre a superfície da camada final de terraplanagem, construída de forma econômica e técnica, a suportar os esforços ocasionados pelo clima e tráfego, e proporcionar aos usuários que ali trafegam, economia, segurança e uma melhor qualidade de rolamento. O comportamento da estrutura varia conforme a altura de cada camada, de sua rigidez e também do subleito, ou seja, tem que haver uma interação entre todas as camadas do pavimento (BERNUCCI ET al., 2006).

Segundo Balbo (2007), o objetivo da pavimentação é proporcionar um tráfego seguro e confortável, utilizando de estruturas e materiais que possam resistir aos esforços oriundos da ação do tráfego de veículos, ajustados com as condições do clima, com o máximo de economia, e sempre buscando quando possível à utilização de materiais locais, garantindo assim, uma boa execução no que tange aos custos de manutenção e operação, relacionados ao longo da vida útil do pavimento.

Melhorando a qualidade de rolamento de uma via, automaticamente possibilita ao usufrutuário uma grande redução nas despesas com manutenções dos veículos, haja vista que, estes gastos estão relacionados com a qualidade da superfície dos pavimentos. A regularidade também possibilita o deslocamento do veículo a uma velocidade maior, em simultâneo, representa mais consumo de combustível, mas também proporciona mais economia no tempo de viagem (BALBO, 2007).

3.1.1 Classificação dos pavimentos

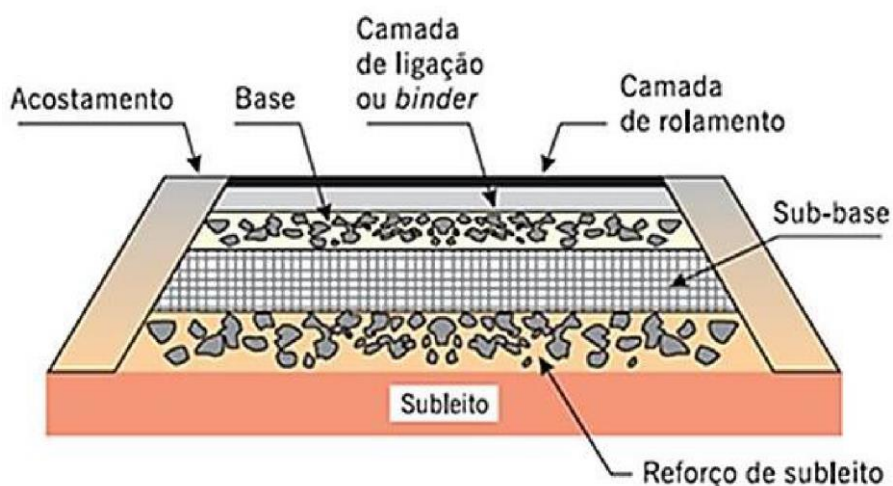
O manual de pavimentação do DNIT (2006), define e classifica os pavimentos em Flexíveis, Semirrígidos e Rígidos:

3.1.1.1 Pavimentos flexível

Segundo manual de pavimentação do DNIT (2006), o pavimento flexível é aquele que em todas as camadas que o compõe sofrem deformação elástica significativas após a aplicação de uma carga, no entanto, a carga se distribui uniformemente entre elas. Como exemplo, o pavimento composto por uma base de solo pedregulhoso ou de brita, geralmente com o revestimento de material betuminoso.

Conforme Bernucci (2006), o pavimento flexível é composto por uma camada superficial asfáltica (revestimento), assentada em cima da camada de base, sub-base e reforço de subleito, compostas por solos ou misturas de solos, sem utilização de agentes cimentantes e materiais granulares. Dependendo das espessuras das camadas, rigidez, quantidade de tráfego, disposição de suporte do subleito e as condições ambientais, uma ou até mesmo mais camadas podem ser anuladas.

Figura 01 – Corte transversal de um pavimento flexível



Fonte: Bernucci et al. (2006).

3.1.1.2 Pavimentos semirrígidos

O pavimento semirrígido caracteriza-se por sua formação a partir de placas de concreto cimentada, derivada de algum aglutinante com propriedades cimentícias.

Temos como exemplo, uma camada de solo cimento revestida com revestimento asfáltico (DNIT, 2006).

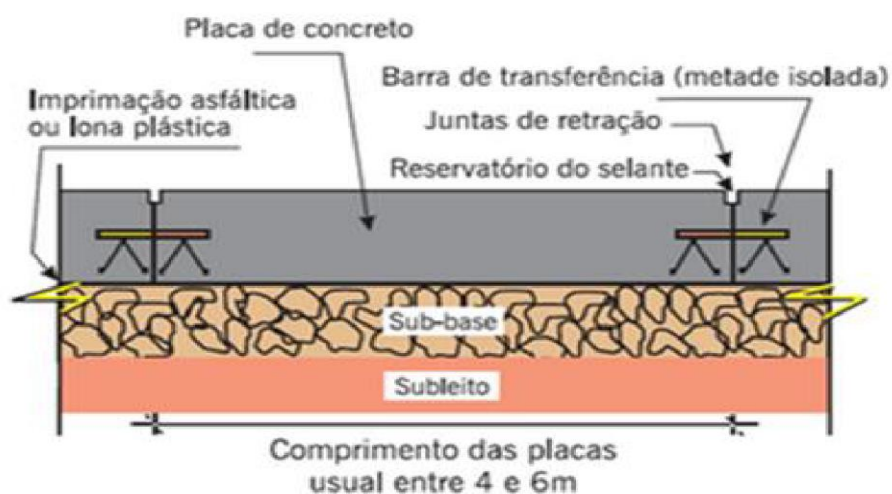
Marodin (2010), também destaca que estes pavimentos são marcados pela presença de ligantes hidráulicos para estabilização, que proporciona maior resistência a tração e ganho à compressão. São considerados como semirrígidos por terem uma ligação entre o pavimento rígido e o flexível.

3.1.1.3 Pavimentos rígido

Conforme o manual de pavimentação do DNIT (2006), no pavimento rígido o revestimento é composto de lajes de concreto de cimento Portland, o que o torna um revestimento com alta rigidez, capaz de absorver a quase todas as cargas provenientes do carregamento aplicado.

A rodovia construída com pavimento rígido proporciona vários benefícios aos usuários, como: maior aderência dos pneus em relação ao asfalto, diminuindo a possibilidade de acidentes; melhor impermeabilização, impedindo a infiltração de água para as camadas inferiores do pavimento, diminuindo a possibilidade de formação de buracos (SANTOS 2019).

Figura 02 – Corte transversal de um pavimento rígido



Fonte: Bernucci et al. (2006).

3.1.2 Estrutura dos pavimentos

Uma das principais funções da estrutura do pavimento é suportar os esforços decorrentes das cargas e das ações relacionadas ao clima, sem ocorrerem deteriorações prematuras. Ou seja, dimensiona-se e seleciona-se o pavimento em função do fluxo de veículos e das situações ambientais, sempre focado na economia e na disponibilidade de matérias, presentes. Tais estruturas devem aguentar, adequadamente, as atuações externas lhe impostas (BALBO, 2007).

Bernucci et al. (2007) assegura que a análise da estrutura de um pavimento depende da rigidez e espessura de cada uma das camadas, além da interação entre elas, tornando possível eliminar algumas delas.

Dependendo da situação, às vezes o pavimento não precisará ter a camada de sub-base ou de reforço de subleito, mas para que estrutura seja chamada pavimento, é exigência mínima o revestimento, mesmo que seja primário e o subleito (BALBO, 2007; SILVA, 2008).

Os pavimentos são estruturados basicamente pelas camadas: Subleito, Reforço de Subleito (quando necessário), Sub-base, Base e Revestimento (JUNIOR, 1992).

A Figura 03 abaixo mostra as camadas estruturais que compõem os pavimentos Flexíveis, Rígidos e Semirrígidos:



Fonte: ADADA (2008).

3.1.2.1 Subleito

Segundo o manual de pavimentação do DNIT (2006), o subleito pode ser considerado a camada de fundação para o pavimento. Os esforços impostos sobre ele serão aliviados em sua profundidade, normalmente a dispersão começa no primeiro metro (BALBO, 2007).

3.1.2.2 Reforço do subleito

Esta camada é utilizada por circunstâncias técnicas e econômicas, possui espessura contínua, fica localizada acima da camada regularizada, possui propriedades geotécnicas menores que o material da camada de sub-base, porém melhores que o material do subleito (DNIT – IPR 719, 2006).

Por ser uma complementação da sub-base, também possui a função de resistir e espalhar os esforços verticais de maneira uniforme sobre a superfície do subleito (SENÇO, 2007).

3.1.2.3 Sub-base

Conforme o manual de pavimentação do DNIT (2006), a sub-base é uma camada que é complementar à base, quando por motivos técnicos e econômicos não precisar realizar a base diretamente sobre da regularização.

3.1.2.4 Base

Esta camada tem a função suportar e distribuir os esforços das cargas oriundas do tráfego, também é a camada onde o revestimento é aplicado (DNIT – IPR 719, 2006).

3.1.2.5 Revestimentos

De acordo com manual de pavimentação do DNIT (2006), o revestimento asfáltico é a camada que recebe a ação direta do tráfego de veículos, tem por finalidade proporcionar segurança, economia e conforto aos usuários, além de também resistir aos esforços provenientes do fluxo de veículos. O pavimento precisa ser uma camada bastante impermeável de modo a impedir a passagem da água das chuvas para as demais camadas, tornando a pista de rolamento mais resistente e durável.

No Brasil, na maioria dos pavimentos utiliza-se como revestimento ou camada de rolamento, uma combinação de agregados minerais de várias dimensões e ligantes asfálticos com graduações e propriedades próprias. De tal forma que garanta ao serviço realizado, as condições de flexibilidade, impermeabilização, durabilidade, estabilidade, resistência à fadiga e ao trincamento térmico, com forme o tráfego previsto e o clima do local (ABEDA, 2010).

Segundo Bernucci et al. (2006), a produção do revestimento asfáltico pode ser realizada em usina específica, fixa ou móvel (misturas usinadas), podendo também ser preparado na própria pista (tratamentos superficiais).

Segundo o manual de pavimentação do DNIT (2006), o revestimento pode ser grupado da seguinte forma, conforme analisado na Figura 04.

Figura 04 – Classificação dos revestimentos



Fonte: Manual de Pavimentação DNIT (2006).

3.2 REVESTIMENTO ASFÁLTICO PMF

Conforme a NORMA DNIT 153/2010-ES, o PMF com emulsão asfáltica catiônica convencional, é uma mistura fabricada em usinas apropriadas, executada a temperatura ambiente, combinada de agregado mineral, emulsão asfáltica e material de enchimento (fíler) (quando necessário), para ser espalhado e comprimido a frio. Podendo ser utilizado como revestimento, restauração de pavimento e regularização, a sua aplicação não pode ser realizada em dias de chuva.

Devido ao seu baixo índice de vazios, o PMF produzido com emulsão asfáltica de ruptura lenta RL 1C, proporciona uma mistura de granulométrica semi-densa e densa. Este revestimento também possui um bom desempenho estrutural e funcional para as vias de tráfego de pequeno e médio porte, conferindo um excelente comportamento mecânico, garantindo mais segurança e conforto da superfície de rolamento (ABEDA, 2010).

Vieira (2009) afirma que, entre os diversos serviços que podem ser realizados com emulsões asfálticas, o Pré-misturado à frio é o mais empregado. Tais misturas podem ser utilizadas em camadas de revestimento, desde que a estrutura do pavimento seja bem projetada. A facilidade em que se prepara a massa asfáltica, assim como sua fácil aplicação na pista, além do baixo custo quando comparada com misturas a quente, faz com que seu uso ganhe espaço em obras onde não há grandes recursos e mão-de-obra especializada disponível.

Roso (2007) conclui que os reparos superficiais de pavimentos poderão ser executados com misturas usinadas a frio, pois os resultados de trincamento por fadiga apresentam melhor desempenho para o à frio que para o à quente, com alto volume de vazios.

A facilidade na produção do PMF, a estocagem, o transporte, a aplicação e manuseio no campo, também faz com que ele se torne um excelente recurso para se utilizar nas vias de tráfego leve/médio e manutenções de vias urbanas, possui a vantagem de poder ser armazenado por um período maior, garantindo mais flexibilidade na programação de execução dos serviços (VIEIRA, 2009).

Brochado (2014), destaca as principais vantagens na utilização do PMF em relação ao CBUQ.

- Aplicação à frio;

- Utilização de maquinários simples;
- Podem ser fabricados em locais de difícil acesso, diminuindo os custos em relação ao transporte e facilitando à logística;
- Aplicação de forma mais rápida;
- Na produção, não há a necessidade de aquecer os agregados;
- Pode ser estocado;
- Facilidade de produção, transporte, aplicação e manuseio da mistura asfáltica no campo;
- Possibilidade de aplicação em superfícies úmidas;
- Redução na evaporação de gases tóxicos ao meio ambiente;
- Baixo custo na fabricação da mistura, em relação à usinagem;
- Baixo custo de equipamentos necessários para a fabricação;
- Menor risco de incêndios, explosões e acidentes de trabalho.

Figura 05 – Revestimento asfáltico PMF espalhado



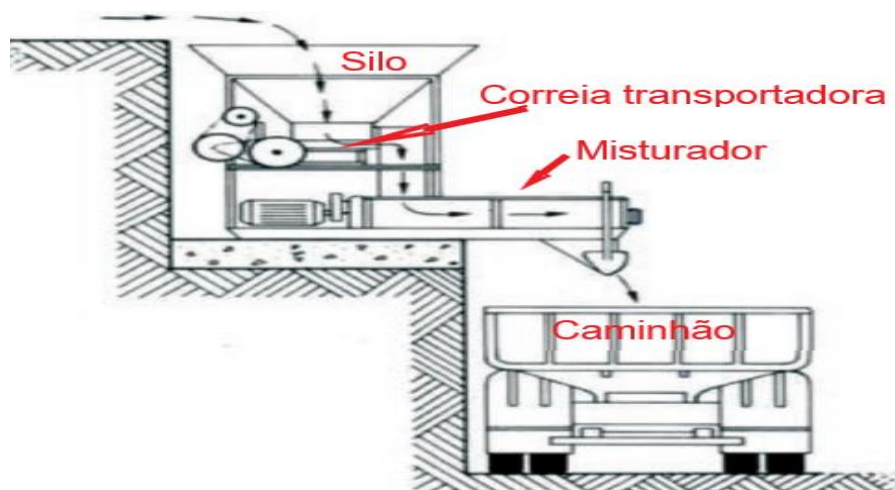
Fonte: Motta (2011).

3.2.1 Processo de produção do PMF

Conforme a norma do DNIT 153/2010, o PMF deve ser produzido em usinas adequadas, a mesma precisa possuir um misturador tipo Pug-Mill com eixo duplo, acompanhados de palhetas reversíveis, ou utilizar outra categoria de misturador que consiga produzir uma massa homogênea. Também deve ser instalado um dispositivo para umedecimento da mistura dos agregados na correia transportadora, os silos

precisam ter comportas com regulagem e uma capacidade suficiente para que a alimentação da correia seja contínua e controlada. A Figura 06 abaixo exemplifica uma usina estacionária de produção do revestimento PMF.

Figura 06 – Usina estacionária de produção do PMF



Fonte: Bernucci et al. (2008) adaptada.

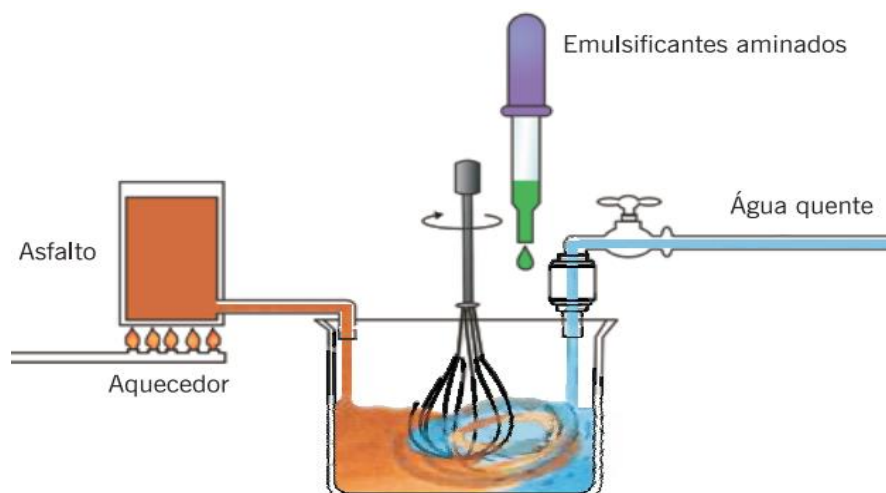
3.2.1.1 Materiais

A NORMA DNIT 153/2010 – ES retrata e define os tipos materiais utilizados na produção da mistura asfáltica PMF, que são a emulsão asfáltica, agregados minerais e o material de enchimento (fíler) (quando necessário), a qual devem atender o que está prescrito em normas.

3.2.1.1.1 Emulsão asfáltica de petróleo - EAP

De acordo com Pinto (2019), a EAP é uma dispersão coloidal de uma fase asfáltica em uma fase aquosa (direta) ou também por uma fase aquosa dispersa em uma fase asfáltica inversa, com o auxílio de um agente emulsificante. É adquirida pela combinação de água com asfalto aquecido (CAP + Água + Agente Emulsivo), por um processo de agitação intensa com fins de tornar o material mais fino e firme.

Figura 07 – Processo industrial da fabricação da EAP.



Fonte: Bernucci et al. (2008) adaptada.

Segundo Bernucci et al. (2008), a EAP é obtida através da separação dos glóbulos de asfalto, que após saírem do moinho, caem em uma solução com água já mexida com o agente emulsificante e com outros aditivos para alcançar efeitos distintos. Também complementa que as emulsões podem ter cargas de partículas negativas (aniônicas) ou positivas (catiônicas).

As emulsões asfálticas catiônicas são as mais utilizadas, adquiridas através da separação do asfalto em água na presença de sais de aminas, que deixam os glóbulos de betumes abastecidos de cargas positivas (+), possuem mais facilidade de aplicação, flexibilidade e resistência. Sua adesividade é excelente para qualquer tipo de agregado pétreo, ácido ou alcalino, positivo ou negativo (ABEDA, 2001).

EAP é classificada em três tipos: Ruptura Lenta (RL), Ruptura Média (RM) e Ruptura Rápida (RR), variando conforme a velocidade de ruptura. O processo de ruptura ocorre quando a emulsão entra em contato com o agregado pétreo, ocorrendo à separação da água e do CAP, o que permite o recobrimento do agregado por uma película de asfalto, então a água é liberada e evapora (BERNUCCI, 2008).

A NORMA DNIT 153/2010-ES afirma que na fabricação do PMF podem ser utilizadas quando indicadas no projeto as seguintes emulsões:

- Emulsão asfáltica catiônica de ruptura média, tipos: RM-1C e RM-2C (PMF aberto);
- Emulsão asfáltica catiônica de ruptura lenta, tipo: RL-1C (PMF denso).

- A NORMA DNER-ES 317/97 afirma que quando especificado em norma ou por motivos técnicos e econômicos, também pode ser utilizado ligantes betuminosos modificados emulsionados, como as emulsões asfálticas tipo LA-C (Emulsão Catiônica para Lama Asfáltica) e LA-E (Emulsão Especial para Lama Asfáltica).

3.2.1.1.2 Agregados

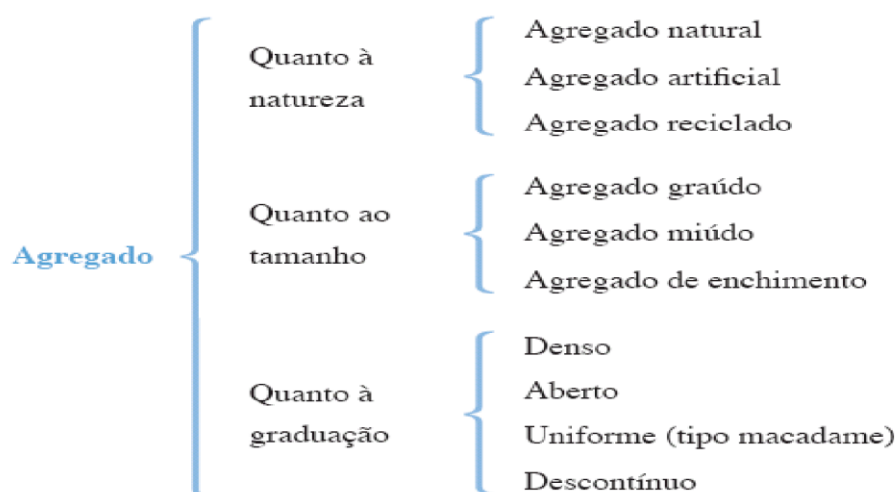
De acordo com Pinto (2019), os agregados podem ser naturais ou artificiais, os naturais são aqueles que podem ser usados da mesma forma que se encontra na natureza, como a brita, seixos entre outros, já os artificiais necessitam de uma modificação física e química do material natural para ser utilizado, é caso da argila calcinada e expandida, etc.

Bernucci et al. (2008), afirma que a escolha de agregados para ser utilizado em revestimentos asfálticos depende de custo, qualidade, disponibilidade e também do tipo da aplicação.

Conforme a NORMA DNIT 153/2010-ES, os agregados utilizados na produção do PMF são classificados em 3 faixas granulométricas: agregado graúdo, miúdo e fíler (material de enchimento), e devem atender aos seguintes itens:

- **AGREGADO GRAÚDO** - deve ser pedra britada, seixo rolado ou outro material definido em projeto, os fragmentos devem estar sãos, resistentes e livres de pedaços de argila.
- **AGREGADO MIÚDO** - deve ser areia, pó de brita ou a mistura de ambos. As partículas individuais tem que ter resistência, possuir moderada angulosidade, não possuírem fragmentos de argila ou outras substâncias prejudiciais e devem possuírem uma equivalência de areia igual ou maior que 55%.
- **MATERIAL DE ENCHIMENTO (fíler)** – a sua composição deve ser de materiais minerais finos, não plásticos, como: o cimento Portland, o pó calcário, a cal extinta, entre outros e atender a granulometria especificada em norma.

Figura 08 – Classificação dos agregados



Fonte: Pinto (2019).

3.2.1.2 Composição da mistura

Segundo a NORMA DNIT 153/2010-ES, a composição da mistura do pré-misturado a frio deve atender os seguintes itens:

- No que diz respeito à granulometria e aos percentuais de ligante asfáltico respeitar os limites de tolerâncias, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Composição do PMF – Tolerâncias

| Peneiras | | % mínima passando | | | | Tolerâncias da faixa de projeto |
|---|-------|-------------------|--------|--------|--------|---------------------------------|
| Malha | mm | A | B | C | D | |
| 1" | 25,4 | 100 | - | 100 | - | ± 7% |
| 3/4" | 19,1 | 75-100 | 100 | 95-100 | 100 | ± 7% |
| 1/2" | 12,7 | - | 75-100 | - | 95-100 | ± 7% |
| 3/8" | 9,5 | 30-60 | 35-70 | 40-70 | 45-80 | ± 7% |
| Nº 4 | 4,8 | 10-35 | 15-40 | 20-40 | 25-45 | ± 5% |
| Nº 10 | 2,0 | 5-20 | 10-25 | 10-25 | 15-30 | ± 5% |
| Nº 200 | 0,075 | 0-5 | 0-5 | 0-8 | 0-8 | ± 2% |
| Teor de Betume Solúvel no CS ₂ % | | 4-6 | 4-6 | 4-6 | 4-6 | ± 2% |

Fonte: Norma DNIT 153/2010 – ES

- A faixa para uso deve atender aquela onde o diâmetro máximo seja igual ou inferior a $2/3$ da espessura da camada.
- Na escolha da curva granulométrica, com as devidas tolerâncias para camada de rolamento, tem que ser respeitada a segurança ao usuário especificada na subseção 7.3.4-condições de segurança.
- A porcentagem de asfalto refere-se à mistura de agregados, respeitada como 100% para todos os tipos, a fração retida entre peneiras consecutivas não pode ser inferior a 4% do total.
- É recomendado a utilização do Método Marshal modificado, para as misturas a frio, para as averiguações das condições de vazios, estabilidade e fluência.

3.2.2 Equipamentos

3.2.2.1 Depósito para emulsão asfáltica

A NORMA DNIT 153/2010-ES determina que os depósitos têm que ser lacrados, de modo a evitar o contato do produto com água, ar e poeira, entre outros. Os tanques também devem possuir dispositivos que possibilitam a homogeneização, o aquecimento ou resfriamento do material, também possuem termômetros para controlar a temperatura e a sua capacidade tem que ser suficiente para suprir o uso em pelo menos 3 dias de trabalho.

Figura 09 – Tanque de armazenamento de emulsão asfáltica



Fonte: Bernucci et al. (2008).

3.2.2.2 Depósito para agregados

A capacidade total dos silos tem que ser no mínimo três vezes maior que a do misturador e ter compartimentos necessários para separar e estocar corretamente, as quantidades adequadas do material. Os compartimentos devem ter dispositivos adequados de descarga. Quando necessário possuir um silo adequado para o fíler, conjugado com dispositivo para sua dosagem, NORMA DNIT 153/2010-ES.

Figura 10 – Deposito para agregados (silos)



Fonte: Bernucci et al. (2008).

3.2.2.3 Caminhões para transportar a mistura

Conforme a norma DNIT 153/2010-ES, o transporte da mistura tem que ser realizado por um caminhão do tipo basculante, possuir caçambas robustas, limpas e lisas. Antes do carregamento, as caçambas têm que ser ligeiramente lubrificadas com água, sabão ou outros tipos de óleos apropriados, de modo a evitar que a massa grude na chapa da caçamba. Esta lubrificação não pode ser com produtos susceptíveis de dissolver o ligante asfáltico, como a gasolina, óleo diesel entre outros.

A tampa da caçamba tem que está bem vedada, para evitar o possível derramamento do material na pista, durante o deslocamento. Para que isto, não aconteça pode ser necessário à instalação de um dispositivo para fixação na parte interna da caçamba.

3.2.2.4 Equipamento para o espalhamento do PMF

Este equipamento deve ser constituído de pavimentadoras automotrizes, que consiga espalhar e conformar a massa nas cotas e alinhamento determinado. A vibro-acabadora tem que ser equipada com parafusos sem fim, para deixar a mistura nas faixas especificadas, possuir comandos de direção ágeis, marcha para frente e para trás e preferencialmente possuir dispositivos eletrônicos para controlar a espessura desejada. Quando não houver a possibilidade de utilização da vibro-acabadora para realizar o espalhamento, pode se utilizar um distribuidor do tipo para espalhamento de agregados ou até mesmo a motoniveladora (NORMA DNIT 153/2010-ES). A Figura 11 mostra a Vibro-acabadora realizando o processo de espalhamento do revestimento asfáltico PMF.

Figura 11 – Espalhamento da mistura com a vibro-acabadora



Fonte: Motta (2011).

3.2.2.5 Equipamento para compactação da mistura PMF

Os equipamentos utilizados na compactação são: o rolo liso vibratório ou rolo tipo tandem e rolo pneumático. O rolo liso vibratório tem que possuir intensidade e frequência de vibração compatíveis com os trabalhos a serem realizados. O rolo compressor do tipo tandem, tem que ter uma carga de 8 a 12 toneladas. Rolo pneumático autopropulsores, deve ser constituído de vários pneus, em que permitam

suas calibragens de 0,25 Mpa a 0,85 Mpa (35 psi a 120 psi). A Figura 12 e Figura 13 exemplificam o tipo de rolo pneumático e rolo liso vibratório.

Figura 12 – Rolo pneumático



Fonte: Bernucci et al. (2008).

Figura 13 – Rolo liso vibratório



Fonte: Motta (2011).

3.3 MANUTENÇÃO DE PAVIMENTOS

De acordo com Abeda (2010), a deterioração da superfície dos pavimentos ocorre sob a ação das características do tráfego e do intemperismo. A princípio surgem os defeitos superficiais, constituintes por fissuras e trincas, depois ainda sem

comprometer as camadas de base, aparecem às degradações médias (panelas). Já no estágio final surgem as degradações profundas (trincas mais graves e buracos), afetando as camadas de base do pavimento. As operações corretivas de tapa-buracos devem ser realizadas na fase inicial quando surgem os primeiros defeitos, o mais tardar com aparecimento de panelas, pois retardamento da execução dessas operações poderá resultar no comprometimento estrutural do pavimento, necessitando de uma restauração mais pesada ou até mesmo a reconstrução de todo o pavimento.

Para se definir quais os procedimentos e alternativas a serem adotadas na restauração de um pavimento é necessário realizar um estudo no pavimento existente. O estudo parte de uma avaliação funcional e estrutural do pavimento, onde fornecem dados das condições da superfície do pavimento e de sua estrutura. Na avaliação funcional é examinada a condição em que se encontra a superfície do pavimento, através de levantamentos e análise dos defeitos superficiais, e da condição da irregularidade, consideram-se os seguintes defeitos: a área trincada, deformações permanentes, irregularidades longitudinal e severidade trincamento. Na avaliação estrutural é examinada a condição da estrutura do pavimento de suportar cargas, o principal parâmetro utilizado na avaliação estrutural é a bacia de deformação e a deflexão na superfície (BERNUCCI et al, 2008).

Abeda (2010) afirma que um dos revestimentos mais empregados nos serviços de tapa-buracos é o pré-misturado a frio. A facilidade no processo de fabricação da massa asfáltica em usina apropriada ou betoneira, bem como na execução dos serviços, faz com que essa alternativa seja cada vez mais empregada nas manutenções de rodovias e vias urbanas.

3.3.1 Tipos de patologia

A NORMA DNIT 005/2003 – TER define quais os tipos de patologias na pavimentação asfáltica:

- a) FENDA – É uma descontinuidade na superfície do pavimento, que conduz ao surgimento de patologias de pequeno a grande porte, podendo surgir das seguintes formas:

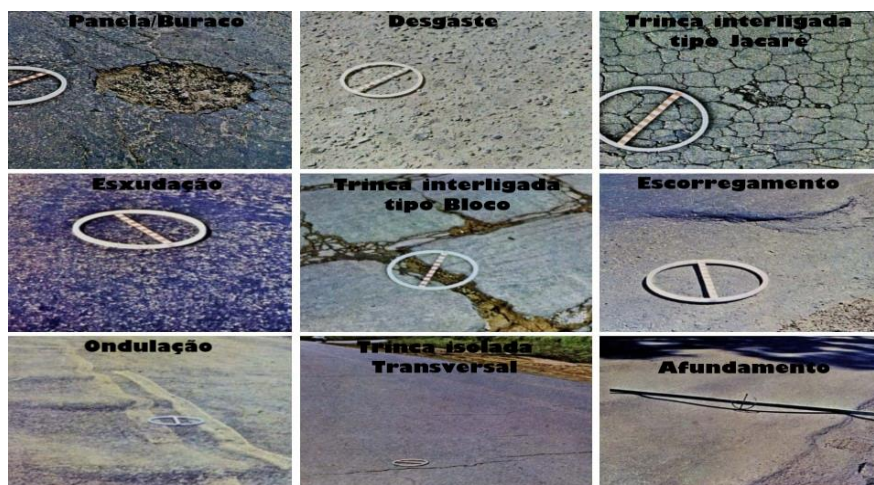
- Fissura – É uma fenda de espessura fina existente no revestimento, distribuída no sentido transversal, longitudinal ou oblíquo ao eixo da via, podendo ser notável visivelmente apenas a uma distância a 1,50 m.
 - Trinca – Fenda existente no revestimento é facilmente notável, com abertura maior do que a fissura.
- b) AFUNDAMENTO – É uma deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento, podendo surgir de duas formas: afundamento plástico ou consolidação.
- Afundamento plástico – Acontece devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento, ou do subleito, acompanhado de sovelamento.
 - Afundamento de consolidação – É causado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento, ou subleito, sem estar acompanhado de sovelamento.
- c) ONDULAÇÕES OU CORRUGAÇÃO – Deformação caracterizada por corrugações ou ondulações transversais na parte superior do pavimento.
- d) ESCORREGAMENTO – Esta deformação é caracterizada pelo deslocamento da camada asfáltica em relação à base do pavimento, com o aparecimento de fendas em forma de meia-lua.
- e) EXSUDAÇÃO – É o acúmulo do ligante betuminoso na parte superior do revestimento, que acontece através do processo de migração do ligante no revestimento.
- f) DESGASTE – Efeito da extração progressiva do agregado do pavimento, caracterizado por um asfalto áspero, causado pelos esforços oriundos do tráfego.
- g) PANELA OU BURACO – Esta patologia é caracterizada por uma cavidade que forma no revestimento, podendo chegar até as camadas inferiores do pavimento, de modo a desagrega-las.

h) REMENDO – No remendo o buraco é preenchido com camadas de revestimento na operação de tapa-buraco.

- Remendo superficial – É a correção da parte superior do pavimento, aplicando apenas uma camada betuminosa.
- Remendo profundo – Este remendo é necessário fazer a substituição do revestimento e das demais camadas degradadas do pavimento.

A Figura 14 abaixo, ilustra os principais tipos de patologia em um pavimento asfáltico.

Figura 14 – Tipos de patologia



Fonte: DNIT 005/2003 – TER (adaptada).

3.3.2 Execução dos serviços de tapa buracos

A Norma DNIT 154/2010-ES define as condições específicas para a execução dos serviços de tapa buracos:

- Condições Gerais - Os serviços a seguir devem ser feitos antes de executar a camada do capeamento projetado:
 - As restaurações de cunho devem ser realizadas em áreas marcadas, onde diferencie em relação ao todo;

- As camadas danificadas devem ser retiradas e reconstruído o pavimento, quando for conveniente, as camadas que fica abaixo do revestimento também devem ser trocadas;
- Quando preciso tem que construir valas de drenagem, para drenar as águas subterrâneas;
- Em algumas situações, quando a base existente estiver íntegra, deve-se realizar apenas à remoção do revestimento asfáltico.

b) Material

- Para recompor o pavimento precisa ser empregado brita graduada para as camadas de base e sub-base, conforme as especificações da norma DNIT 141-ES;
- Para pintura de ligação ou imprimação deve ser empregada a emulsão asfáltica, ou asfalto diluído CM-30, no caso de intervenções das camadas de base, seguir as recomendações da norma DNIT 145/2010-ES;
- Na substituição da massa asfáltica deve se utilizar o pré-misturado a frio, conforme especificação da norma DNIT 153/2010-ES. Já nos serviços maiores, com recomposição do revestimento em pano ou segmentos da rodovia, é utilizado o concreto asfáltico conforme especificações da norma DNIT 031/2006-ES.

c) Equipamentos

Para a execução dos reparos no pavimento, utilizam-se os equipamentos:

- Ferramentas manuais (enxada, picareta, enxadão, pá, rastelo, etc.);
- Caminhões basculantes;
- Compressor de ar;
- Perfuratrizes pneumáticas com implemento de corte;
- A máquina retro-escavadeira;
- Soquetes mecânicos portáteis e/ou vibratórios portáteis (sapos);
- Distribuidor de produtos asfálticos autopropulsionado ou rebocáveis, equipado com espargidor manual (caneta);
- Rolo vibratório liso;
- Rolo pneumático.

d) Execução

➤ Recuperação da área degradada

Para recuperar as áreas degradadas, devem seguir os seguintes procedimentos executivos:

- Antes de iniciar os serviços, deve se demarcar os perímetros de toda a área degradada, de modo a facilitar a visibilidade do local a ser retirado;
 - Cortar o revestimento no local demarcado, retirar o pavimento existente. As paredes do local escavado precisam ter uma declividade de 8(V): 1(H);
 - As caixas provenientes das escavações devem ter saídas ligadas as valas de drenagem;
 - Regularização do subleito quando necessário conforme a Norma DNIT 137/2010 -ES;
 - Realizar o preenchimento da caixa com brita graduada, e as camadas não podem ser superior a 15 cm de espessura, compactar com soquetes mecânicos manuais (sapos);
 - Realizar a imprimação da superfície com CM-30;
 - Preencher o restante da caixa com revestimento asfáltico, reestabelecendo ao nível da parte superior do pavimento antigo;
 - No que tange a parte de pintura de ligação para execução da etapa de reforço asfáltico, só poderá ser realizado após a sua exposição ao tráfego durante no mínimo 10 (dez) dias, após esta data se surgir alguma irregularidade, depressões nas áreas reparadas, deve ser realizado novas correções;
 - Os restos dos materiais obtidos com a abertura das caixas precisam ser retirados do local, com destinação adequada conforme CONAMA n.º 307, de 05/7/2002.
- Remendos Superficiais – É uma correção localizada na superfície do revestimento, utilizando massa asfáltica.

Figura 15 - Remendo superficial, pintura de ligação.



Fonte: ARTERIS ES 013- revestimento (2015).

Figura 16 – Remendo superficial, compactação.



Fonte: ARTERIS ES 013- Revestimento (2015).

- São executados com fins de selar provisoriamente as trincas superficiais do pavimento e, em simultâneo, evitar a penetração de umidade para seu interior, evitando maiores degradações. Os remendos superficiais podem ser executados através da aplicação de uma camada fina de material asfáltico de agregado miúdo ou através de uma capa selante;
- A capa selante é utilizada apenas em trincas que não apresentam largura maior do que 3 mm;
- Para preparar a área onde será realizado o remendo, corta-se a parte do revestimento danificado;

- Depois com uma vassoura à área é varrida e limpa, caso seja necessário pode se utilizar um jato de ar comprimido;
 - Sobre a superfície deve ser aplicada a emulsão asfáltica RR, com uma taxa de 0,5 l/m², podendo ser aumentada conforme a absorção do material pelas fendas;
 - Espalhar a mistura asfáltica sobre o local, logo após a aplicação da emulsão asfáltica;
 - Logo após, fazer a compactação com rolo pneumático;
 - Em áreas em que as trincas apresentam mais do que 3 mm de espessura, utilizar a mistura asfáltica à quente.
- Remendo Profundos – É aquele que quando vai se fazer o reparo, é necessário fazer a substituição do revestimento e das demais camadas inferiores do pavimento degradadas (DNIT, 154/2010 – ES).

Figura 17 – Remendo profundo



Fonte: CNT (2007).

- Nesta categoria de remendo, a execução é de caráter permanente, devendo ser substituído toda a área degradada do pavimento, se necessário inclui até o subleito;
- Em volta da área danificada deve se fazer um corte para facilitar a obtenção de bordas verticais, o corte deve estender-se no mínimo, 30 cm da área não afetada;

- Após retirar o material da parte recortada, deve-se realizar o processo de limpeza e em seguida a imprimação de preferência com a emulsão asfáltica RR, o processo de imprimação também deve atingir faces verticais da abertura;
- O preenchimento da parte aberta deve ser realizado preferencialmente com a mistura asfáltica a quente, de graduação densa, mas a caso não haver disponibilidade deste material pode-se também usar o pré-misturado a frio;
- Em seguida vem o processo de compactação, realizado com rolo pneumático, placa vibratória, ou até mesmo para pequenos reparos, o próprio pneumático do caminhão que transporta o material.

3.4 REVESTIMENTO ASFÁLTICO EM CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE (CBUQ)

Conforme Balbo (2007), o revestimento asfáltico CBUQ é o mais tradicional e a comum mistura asfáltica flexível a quente usada no país, utilizados em revestimentos de pavimentos como capas de rolamento e camadas de ligação.

O CBUQ, também é chamado concreto asfáltico, é uma massa deve ser executada a quente, produzida em usina adequada, possuem características específicas, de agregado mineral graduado, fíler (quando necessário) e o material betuminoso, espalhada e compactada a quente. Podendo ser utilizado como revestimento, base, camada de ligação, regularização ou reforço do pavimento, não pode ser empregado em dias de chuva e a sua aplicação tem que ocorrer a uma temperatura ambiente maior que 10 °C (DNIT 031/2006-ES).

As misturas usinadas a quente são fabricadas a partir do aquecimento, tanto dos agregados minerais quanto do ligante asfáltico, este processo de usinagem é realizado em altas temperaturas, na ordem de 150 a 180 °C. Também complementa que este tipo revestimento são os mais utilizados nos serviços de pavimentação, podendo ser produzidos com vários tipos granulometria e asfalto, para diferentes níveis de tráfego, garantindo assim maior resistência e durabilidade (ASPHALT INSTITUTE, 2007 apud MOTTA, 2011).

De acordo com Bernucci et al (2008), as massas asfálticas a quente são determinadas pelas graduações dos agregados e fíler, onde as mais empregadas são:

- Graduação densa – Sua curva granulométrica é bastante graduada, onde acomoda um esqueleto mineral com menos vazios, os agregados de tamanhos menores, preenchem os vazios dos agregados maiores, como exemplo: o concreto asfáltico;
- Graduação aberta – Sua curva granulométrica é uniforme, os agregados possuem tamanhos iguais, o que proporciona um esqueleto mineral mais aberto, a falta de agregados mais finos para preencher os vazios, torna a mistura com alto volume de vazios com ar, o que facilita a entrada de água para seu interior, como exemplo: a mistura asfáltica drenagem;
- Graduação descontínua – Sua curva granulométrica com proporcionalidade, a quantidade de grãos maiores domina em relação aos grãos intermediários, completados por uma quantidade de grãos mais finos, tornando um esqueleto mineral mais resistente a deformação permanente, como exemplo: a matriz pétreo asfáltica.

De acordo Brochado (2014), as principais vantagens e desvantagens do CBUQ em relação ao PMF são:

➤ Vantagens

- Maior durabilidade;
- Possui uma taxa de envelhecimento mais lenta;
- É mais resistente ao tráfego pesado;
- Menos suscetível a ação da água e do ar;
- Não exige cura.

➤ Desvantagem

- Não pode ser estocado;
- A produção é mais difícil;
- Exige mão de obra mais especializada do que na utilização do PMF;
- Exige a necessidade de aquecimento do ligante e dos agregados;
- É mais prejudicial ao meio ambiente.

3.4.1 Processo de produção do CBUQ

A produção de uma mistura asfáltica envolve a associação de agregados com o ligante asfáltico em proporções pré-estabelecidas em projeto para produzir uma mistura homogênea conforme os critérios adotados. Antes de misturar o agregado com o ligante, ele precisa ser definido na graduação determinada, por mistura de diferentes quantidades granulométricas, em seguida tem que ser aquecido para remover sua umidade, a temperatura elevada é necessária para ocorrer o seu envolvimento pelo ligante asfáltico (BERNUCCI et al., 2008).

3.4.1.1 Tipos de usinas

De acordo com Bernucci et al. (2008), a função da usina é possibilitar que a mistura dos agregados e o ligante asfáltico seja realizada adequadamente, realizar o aquecimento de ambos os materiais e mistura-los, fabricando uma massa asfáltica nas características pré-estabelecidas. A usina é um conjunto de equipamentos eletrônicos e mecânicos conectados, que facilita a produção da massa asfáltica, sua capacidade de produção oscila conforme a categoria de usina utilizada. Assim possui dois tipos de usina de asfalto: a usina de produção por batelada ou gravimétrica, onde as produções das misturas são unitárias e a usina de produção contínua ou drum-mixer, onde a fabricação é contínua.

A Figura 18 e Figura 19 exemplificam os dois tipos de usinas mencionados.

Figura 18 – Usina asfáltica por batelada ou gravimétrica



Fonte: Bernucci et al. (2008).

Figura 19 – Usina asfáltica contínua



Fonte: Bernucci et al. (2008).

4 METODOLOGIA

Como procedimentos técnicos para obtenção dos dados para formulação do trabalho, a metodologia baseou-se em estudo de caso e estudos teóricos. Deste modo foi realizado um estudo de caso na Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos-SEMOSP e um estudo do acompanhamento realizado no serviço de tapa buraco na rua Estrela Dalva do bairro Rota do Sol da cidade de Ariquemes-RO.

A Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos é órgão de assessoria ao executivo municipal, com as atribuições de planejamento, coordenação, execução, controle e avaliação de obras públicas municipais, fica localizada na Av. Vimberê no Setor 04 da cidade de Ariquemes-RO.

A pesquisa visou analisar os métodos de produção e os procedimentos da utilização do revestimento asfáltico PMF pela SEMOSP, comparado com estudos bibliográficos em artigos, trabalhos de conclusão de cursos, normas técnicas, livros, sites especializados e outros meios informativos.

A vista técnica na SEMOSP, foi realizada no dia 22 de abril de 2021, onde com o auxílio dos servidores responsáveis pela usina, foi possível realizar um acompanhamento de todo o processo de produção do revestimento asfáltico PMF (Pré-misturado a Frio) para utilização no (tapa) buraco. Verificando se o processo de usinagem correspondia com a norma do DNIT 153/2010.

No dia 28 de maio de 2021 foi realizado a visita em campo na rua Estrela Dalva do bairro Rota do Sol, onde fica localizado na zona leste da cidade de Ariquemes-RO. O bairro é pequeno e de classe baixa, mas bem estruturado, possui sistema de drenagem e pavimentação em todas as ruas. Com o acompanhamento do processo de execução do serviço de tapa buracos, foi possível comparar com norma do DNIT 153/2010 e verificar se os procedimentos da utilização da mistura asfáltica, estão sendo executados corretamente.

Através dos dados (traço da massa e valores dos materiais), adquiridos na SEMOSP e em uma empresa terceirizada do DNIT, foi possível realizar uma estimativa do custo da produção do PMF e do CBUQ.

Também foi realizado um levantamento da quantidade de revestimento asfáltico gasto pela prefeitura municipal de Ariquemes no serviço de tapa buraco no mês. Onde a estimativa foi realizada com o auxílio de um servidor da equipe, anotando

a quantidade de material que eles utilizam durante o dia. Através deste levantamento também foi realizado um cálculo de quantos metros de recapeamento asfáltico poderia ser executado com este mesmo revestimento asfáltico.

A partir dos estudos teóricos e com base no estudo de caso realizado sobre o processo de produção, utilização e custo do PMF e do CBUQ, foi possível fazer uma comparação de qual é a melhor massa asfáltica a ser utilizada em manutenções de serviços urbanos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 PROCESSO DE USINAGEM DO PMF

Conforme a visita técnica realizada no dia 22 de abril de 2021 na SEMOSP, o responsável pela usina informou que os materiais utilizados na mistura asfáltica são: a emulsão asfáltica RL 1C e os materiais pétreos (pó de brita, brita meia e zero), não utilizam o fíler (material de enchimento) no traço da mistura para tapar buraco e os que os materiais são adquiridos pela Prefeitura Municipal de Ariquemes por fornecedores através de processo licitatório, tipo Pregão Eletrônico.

O responsável pela usina de PMF também informou que o peso específico dos materiais pétreos utilizados nos cálculos do processo de usinagem, foram obtidos através de informações que os fornecedores passam para a prefeitura, pois a mesma não possui laboratórios para realizar esta categoria de análise.

Durante o levantamento dos dados foram usinados 6 (seis) caminhões de 22 toneladas de revestimento asfáltico Pré-Misturado a Frio, resultando um total de 132 toneladas, onde foi estocado para futuramente ser utilizado nos serviços de tapa buracos da cidade.

5.1.1 Mistura dos materiais pétreos (agregados)

Os agregados são misturados nas proporções de massa (kg) de 50% de pó de brita, 20% de brita ½" e 20% de brita zero. Este processo de mistura é realizado com o auxílio de uma máquina carregadeira, que espalha 2,5 conchas de pó de brita no solo e por cima na sequência é espalhado uma de brita meia e uma de brita zero, depois repetindo o mesmo processo. Em seguida com a concha da máquina carregadeira os agregados são misturados, conforme Figura 20.

Figura 20 – Mistura dos agregados



Fonte: Autoria própria (2021).

5.1.2 Processo de produção

A Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos-SEMOSP possui uma usina do tipo estacionária de Pré-Misturado a Frio. A mesma é composta de cabine de comando, silo, esteira com dispositivo de umedecimento, balança e um misturador acoplado, necessitando de apenas de 3 (três) funcionários para operá-la: um, na cabine de comando, um, no silo para ajudar com a descida do agregado e outro na saída da esteira para retirar as impurezas do agregado.

Depois que o silo é abastecido de agregado com a carregadeira, inicia-se o processo de usinagem: o agregado vai descendo do silo para esteira, onde é umedecido conforme a necessidade pré-estabelecida pelo operador de cabine e, em simultâneo, é pesado de acordo com traço especificado, então é deslocado até o misturador, onde as palhetas os misturam com a emulsão asfáltica, proporcionalmente ao peso do agregado; então o misturador realiza a mistura com a emulsão asfáltica conforme o que foi especificado pela cabine de comando. Sendo o traço nas proporções de massa (kg) de 10% de emulsão asfáltica, 50% de pó de brita, 20% de brita ½" e 20% de brita zero.

Na saída do misturador fica um caminhão caçamba basculante para receber o material usinado e levar para o depósito de estocagem.

Figura 21 – Abastecimento do silo



Fonte: Aatoria própria (2021).

Figura 22 – Deslocamento e pesagem do agregado para o misturador



Fonte: Aatoria própria (2021).

Figura 23 - Misturador



Fonte: Aatoria própria (2021).

Figura 24 – Abastecimento do caminhão basculante



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 25 – Processo de Usinagem



Fonte: Autoria própria (2021).

5.1.3 Estocagem

A estocagem é uma das principais vantagens da mistura Pré-Misturado a Frio, facilita o processo de logística de utilização da mesma. A Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos-SEMOSP possui um barracão coberto para estocar o material. Foram usinados e estocados 6 caminhões com 22 toneladas cada, um total de 132 toneladas de mistura asfáltica, para posteriormente ser utilizada na operação tapa buraco.

Figura 26 – Estocagem do PMF



Fonte: Autoria própria (2021).

5.1.4 Discussões

Segundo o estudo realizado na usina de PMF da SEMOSP, foi possível verificar que o processo de produção do revestimento asfáltico está sendo executado conforme as normas. A usina estacionária instalada na SEMOSP é uma usina apropriada para a fabricação do PMF, contém todos os itens necessários para realizar uma boa produção, conforme determina a norma do DNIT 153/2010 do 'item' 3.2.1 Processo de Produção.

Os equipamentos e os materiais utilizados na usinagem, agregados e emulsão asfáltica, também estão em conformidade com a norma DNIT 153/2010-ES do 'item' 3.2.1.1 Materiais e 3.3.2 Equipamentos.

Na parte da estocagem a norma DNIT 153/2010-ES, não define nada sobre como deve ser realizado o armazenamento, e nem mesmo qualquer categoria de procedimento a ser utilizado. Conforme pode ser observado no 'item' 5.1.3 Estocagem, a secretaria municipal de obras possui um local apropriado para a estocagem da mistura, um barracão grande todo coberto, garantindo que o material não fique exposto à chuva e ao sol, conservando as suas características por mais tempo.

A única exceção, que pode ser observado na Tabela 1-Composição do PMF, está na granulometria dos agregados utilizado na mistura, pois a SEMOSP não possui laboratório de análise para tal controle.

5.2 MÉTODO DE EXECUÇÃO DO TAPA BURACO PELA SEMOSP

No dia 28 de maio de 2021, foi realizada visita em campo para acompanhar os serviços da equipe de tapa buraco da cidade, onde foi possível identificar como eles são executados e se estão sendo realizados corretamente, conforme as normas.

Os trabalhos estavam sendo realizados na Rua Estrela Dalva do bairro Rota do Sol, onde foi identificado apenas dois tipos de patologias: desgastes, e panela ou buraco. E como forma de correção das patologias, estavam realizando os remendos superficiais e profundos.

A equipe dos serviços de tapa buraco da SEMOSP estava composta de nove funcionários: dois (2) motoristas (caçamba e espargidor), um (1) operador (rolo liso vibratório), dois (2) para cavar e limpar os buracos, um (1) para dar o banho de ligação no buraco, um (1) para ficar em cima da caçamba para descarregar a massa, um (1), na carriola para jogar a massa asfáltica nos buracos e um (1) para preencher e espalhar o material sobre a patologia.

Os itens a seguir listam os equipamentos utilizados, materiais empregados e como são executados os trabalhos:

5.2.1 Equipamentos utilizados

- Picareta;
- Enxadas;
- Pá;
- Balde;
- Carriola;
- Rolo liso vibratório;
- Caminhão caçamba basculante;
- Caminhão espargidor.

5.2.2 Materiais empregados

- Revestimento asfáltico PMF;
- Emulsão asfáltica RR 1C.

5.2.3 Execução

Após a identificação da patologia, a equipe começa os trabalhos de execução, conforme Figura 27 e Figura 28.

Figura 27 – Buraco e trincas no pavimento – RUA ESTRELA DALVA



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 28 – Buraco necessitando de remendo profundo – RUA ESTRELA DALVA



Fonte: Autoria própria (2021).

5.2.4 Limpeza do buraco

Quando a patologia é superficial, apenas varrem o buraco com uma vassoura. Quando a patologia é profunda, é primeiramente cavado o buraco retirando o material degradado e a parte mole, depois termina a limpeza varrendo com a vassoura, conforme Figura 29 e Figura 30.

Figura 29 – Limpeza para execução de remendo superficial



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 30 – Limpeza para execução de remendo profundo



Fonte: Autoria própria (2021).

5.2.5 Pintura de ligação

A pintura de ligação é realizada com a emulsão asfáltica RR 1C, com o auxílio de um balde, um funcionário joga o material uniformemente no buraco, conforme Figura 31 e Figura 32.

Figura 31 – Pintura de ligação no remendo superficial



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 32 – Pintura de ligação no remendo profundo



Fonte: Autoria própria (2021).

5.2.6 Aplicação do PMF

Para realizar a aplicação do PMF, quando os serviços estão sendo realizados em vias onde o fluxo de veículo é pequeno, utilizam a própria caçamba basculante, que encosta próxima ao buraco e realizam o deslocamento do material para dentro e depois os outros funcionários realizam o espalhamento, utilizando uma enxada, de modo a deixar o material um pouco acima do nível da parte superior do revestimento já existente, para que quando for compactado fique nivelado com o revestimento antigo.

Quando estes serviços estão sendo realizados em vias de grande tráfego o deslocamento do material para o buraco é realizado com o auxílio de uma carriola para não atrapalhar o trânsito.

Observa-se também que a equipe não utiliza nenhum tipo de sinalização no local de trabalho, para evitar acidentes.

Figura 33 – Aplicação da mistura asfáltica PMF – RUA ESTRELA DALVA



Fonte: Autoria própria (2021).

5.2.7 Compactação

A compactação tanto do remendo profundo como do remendo superficial é realizada apenas com o rolo liso vibratório, logo depois do espalhamento do material, conforme Figura 34.

Figura 34 – Compactação da mistura asfáltica PMF



Fonte: Autoria própria (2021).

5.2.8 Discussões

Segundo o estudo de caso realizado no serviço de manutenção asfáltica, foi possível verificar que os procedimentos de execução do serviço de tapa buraco pela Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos-SEMOSP de Ariquemes, não está sendo realizado corretamente, com várias falhas nos processos de execução.

Conforme pode ser observado na norma DNIT 154/2010-ES do 'item' 3.3.2- Execução dos serviços de Tapa Buracos, o processo de execução do serviço de tapa buraco necessita de vários fatores para que o remendo tenha mais qualidade.

No caso de patologias superficiais os procedimentos são executados simplificadaamente, apenas para selar as trincas e evitar penetração de umidade para as camadas inferiores. Primeiramente deve-se marcar e recortar a parte do revestimento deteriorado, depois com uma vassoura a área é varrida e limpa, sobre a superfície deve ser aplicada a emulsão asfáltica RR (pintura de ligação), espalhar a mistura asfáltica logo após a aplicação da emulsão e em seguida realizar a compactação com rolo pneumático.

Já no caso da patologia profunda que é quando atinge as camadas inferiores, tem que realizar a recuperação da área deteriorada da seguinte forma: demarcar os perímetros da área degradada, cortar o revestimento no local demarcado, com as paredes do local escavado com declividade de 8(V): 1(H), em seguida proceder com

o enchimento da caixa com brita graduada, com camadas máximas com 15 cm de espessura, compactar com soquetes mecânicos manuais, realizar a imprimação da superfície com CM-30, depois preencher o restante da caixa com revestimento asfáltico e posteriormente executar a compactação com o rolo liso e pneumático.

Conforme o acompanhamento realizado no serviço de tapa buraco, quando se trata de remendo superficial, pode-se observar que a equipe de tapa buraco não efetua a marcação e o recorte da parte deteriorada, apenas varrem o local, realizam a pintura de ligação e espalham a massa asfáltica e o processo de compactação é efetuado com o rolo liso vibratório e não com o rolo pneumático.

Quando o remendo é profundo não realizam a recuperação da parte deteriorada corretamente, a demarcação do perímetro da área degradada, a escavação das paredes laterais com declive, a utilização de brita graduada compactada com soquetes e a compactação realizada apenas com rolo liso vibratório.

5.3 ANÁLISE DO CUSTO DE PRODUÇÃO DO PMF E DO CBUQ

5.3.1 Custo da produção do PMF

Para o cálculo do custo da fabricação do PMF, foi utilizado como base o cálculo do custo da produção de 22 toneladas do material, sendo a quantidade que cabe em um caminhão caçamba basculante. O peso específico dos agregados e os valores dos materiais foram adquiridos na SEMOSP, onde o primeiro é conseguido através de informações de fornecedores, pois a mesma na possui laboratório de análise e o segundo através da própria prefeitura municipal de Ariquemes-RO. Obs.: nos agregados foram acrescentados 10% de perda de material, onde segundo o responsável pela usina é referente ao manuseio no processo de mistura e transporte do agregado para o silo.

A Tabela 02 abaixo, determina como foi realizado o cálculo para chegar no custo da produção do PMF.

Tabela 02 - Memorial de cálculo para o custo da produção do PMF

| Emulsão asfáltica RL 1C | Pó de brita |
|---|--|
| 22 000 kg / 1 000 = 22 t | 22 000 kg x 50% = 11 000 kg |
| 22 t x 10% = 2,2 t | 11 000 kg / 1550 kg/m ³ = 7,09 m³ |
| 2,2 t x R\$ 3 115,00 = R\$ 6 853,00 | 7,09 + 10% = 7,79 m³ |
| | 7,79 m ³ x R\$ 44,00 = R\$ 342,76 |
| Brita meia | Brita zero |
| 22 000 kg x 20% = 4 400 kg | 22 000 kg x 20% = 4 400 kg |
| 4 400 kg / 1315 kg/m ³ = 3,34 m³ | 4 400 kg / 1375 kg/m ³ = 3,20 m³ |
| 3,34 m ³ + 10% = 3,67 m³ | 3,20 m ³ + 10% = 3,52 m³ |
| 3,67 m ³ x R\$ 84,00 = R\$ 308,28 | 3,52 m ³ x R\$ 88,00 = R\$ 309,76 |

Fonte: autoria própria (2021).

Tabela 03 - Valor total da produção da mistura PMF

| MATERIAL | Unidade medida | Valor (R\$) | Percentual do traço (%) | Peso espec. Kg/m³ | Valor total para 22t. |
|-------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| Emulsão A. RL 1C | Tonelada (t) | 3115,00 | 10 | — | 6 853,00 |
| Pó de brita | M ³ | 44,00 | 50 | 1550 | 342,76 |
| Brita meia | M ³ | 84,00 | 20 | 1315 | 308,28 |
| Brita zero | M ³ | 88,00 | 20 | 1375 | 309,76 |
| TOTAL | | | 100 % | | R\$7 813,80 |
| TOTAL 1ton | | | | | R\$ 355,17 |

Fonte: Autoria própria (2021).

5.3.2 Custo da produção do CBUQ

Os dados para o levantamento do custo da produção do CBUQ foram obtidos através de uma empresa terceirizada do DNIT, que está localizada na BR 364 km 505 da cidade de Ariquemes-RO, responsável pela restauração e manutenção da rodovia

BR 364. Para uma melhor comparação do custo, nos cálculos foram utilizados os mesmos valores e peso específicos dos agregados que foram utilizados no cálculo do PMF. A Figura 35 abaixo define o traço que é utilizado para a fabricação do CBUQ, para ser utilizado em manutenções e restaurações de pavimentos.

Figura 35 - Traço para CBUQ para manutenção e restauração de pavimentos

| ORIGEM DOS AGREGADOS | MATERIAL | LOCAL | SECA % | 4,91 % |
|----------------------|--------------|----------------------|----------------|---------------|
| BRITADOR MARPLEN | BRITA 3/4" | EXTREMA | 18,00% | 17,12 |
| BRITADOR MARPLEN | BRITA 3/8" | EXTREMA | 32,00% | 30,43 |
| BRITADOR MARPLEN | PÓ DE PEDRA | EXTREMA | 50,00% | 47,55 |
| USICAL (NOBRES / MT) | CAL CH-I | USICAL (NOBRES / MT) | 0,00% | 0,00 |
| EMAN ASFALTOS | CAP 50 - 70 | EMAN ASFALTOS | | 4,91 |
| | TOTAL | | 100,00% | 100,00 |

Fonte: Empresa terceirizada do DNIT (2020).

Tabela 04 - Memorial de cálculo para o custo da produção do CBUQ

| Cap | Pó de brita |
|---|--|
| 22 000 kg / 1 000 = 22 t | 22 000 kg x 47,55% = 10 461 kg |
| 22 t x 4,91% = 1,08 t | 10 461 kg / 1550 kg/m ³ = 6,75 m³ |
| 1,08 t x R\$ 5 265,00 = R\$ 5 686,20 | 6,75 + 10% = 7,42m³ |
| | 7,42 m ³ x R\$ 44,00 = R\$ 326,50 |
| Brita 1 (3/4) | Brita 0 (3/8) |
| 22 000 kg x 17,12% = 3 766,40 kg | 22 000 kg x 30,43% = 6 694,60 kg |
| 3 766,40 kg / 1300 kg/m ³ = 2,9 m³ | 6 694,60 kg / 1375 kg/m ³ = 4,87 m³ |
| 2,9 m ³ + 10% = 3,19 m³ | 4,86 m ³ + 10% = 5,36m³ |
| 3,19 m ³ x R\$ 88,00 = R\$ 280,70 | 5,36 m ³ x R\$ 88,00 = R\$ 471,70 |

Fonte: Autoria própria (2021).

Tabela 05 – Valor total da produção da mistura CBUQ

| MATERIAL | Unidade medida | Valor (R\$) | Percentual do traço (%) | Peso espec Kg/m³ | Valor total para 22t. |
|----------------------|-----------------------|--------------------|--------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| CAP | Tonelada (t) | 5 265,00 | 4,91 | – | 5 686,20 |
| Pó de brita | M ³ | 44,00 | 47,55 | 1550 | 326,50 |
| Brita 1 (3/4) | M ³ | 88,00 | 17,12 | 1300 | 280,70 |
| Brita 0 (3/8) | M ³ | 88,00 | 30,43 | 1375 | 471,70 |
| TOTAL | | | 100 % | | R\$ 6 765,10 |
| TOTAL 1 ton | | | | | R\$ 307,50 |

Fonte: Autoria própria (2021).

5.3.3 Discussões

Conforme o estudo realizado sobre produção do PMF e do CBUQ, foi possível verificar que o custo para produzir ambos os materiais são bem próximos um do outro. O custo para produzir uma tonelada do PMF ficou R\$ 355,17, e a produção de uma tonelada do CBUQ ficou R\$ 307,50, uma diferença de R\$ 47,67. Porém, para este levantamento foram utilizados apenas o custo dos materiais necessários para a fabricação e não de todo o processo de usinagem.

Conforme afirma Asphalt Institute (2007), apud Motta (2011), a fabricação do CBUQ passa por mais processos do que a produção do PMF, um deles é a necessidade do aquecimento dos agregados e do ligante asfáltico, aumentando o consumo de combustível e mão de obra, assim justificando que o valor da produção do CBUQ fique equivalente ou até um pouco mais elevado do que a fabricação do PMF.

Leonardo (2017), realizou um estudo sobre o custo da produção do PMF e do CBUQ, utilizando o custo de todo o processo de usinagem. A qual para sua estimativa de custo do CBUQ foi adotado um tempo de usinagem de 35 minutos para produção de 24,19 toneladas de CBUQ, tendo um gasto de 1,35 t de CAP. Para o gasto com combustível, a usina de CBUQ tem um gasto de 5 litros por tonelada de mistura asfáltica, e a máquina retroescavadeira tem um consumo de aproximadamente de 7 litros de diesel por hora. Já para estimativa do PMF foi utilizado um tempo de 45 minutos para a produção de 21,12 toneladas de mistura asfáltica, utilizando 1,28 t de

ligante RM-1C, para o combustível para a retroescavadeira foi utilizado o mesmo raciocínio do levantamento para o CBUQ.

Conforme pode ser observado na Figura 36, o custo da produção do CBUQ ficou R\$ 3 314,32 um, total de R\$ 137,01 por tonelada. O custo da produção do PMF ficou R\$ 2 725,32, um total de R\$ 129,03 por tonelada.

Fazendo uma comparação com o estudo atual, pode-se observar que o custo da fabricação do CBUQ ficou R\$ 7,98 mais caro que o PMF, justificado pelo processo de usinagem do CBUQ ser mais complexo do que o processo de usinagem do PMF.

Figura 36 – Comparação do custo do PMF e CBUQ

Objetivo: Gastos relacionado a produção do PMF

| Item | Discriminação dos Serviços | Quant. | Unid. | Mão de Obra (R\$) | Custo (R\$) | GASTO (R\$) |
|----------|------------------------------|----------|---------|-------------------|-------------|-------------|
| 1 | FUNCIONARIOS | | | | | |
| 1.1 | Operador de retroescavadeira | 45,00 | Minutos | 0,17 | | 7,65 |
| 1.2 | Laboratorista | 45,00 | Minutos | 0,34 | | 15,30 |
| 2 | AGREGADOS | | | | | |
| 2.1 | Pedrisco e pó de pedra | 19,84 | Ton | | 18,00 | 357,12 |
| 3 | LIGANTE ASFÁLTICO | | | | | |
| 3.1 | Emulsão asfáltica RM-1C | 1.280,00 | Kg | | 1,82 | 2.329,60 |
| 4 | COMBUSTÍVEIS | | | | | |
| 4.1 | Diesel para retroescavadeira | 5,25 | Lts | | 2,98 | 15,65 |

TOTAL 2.725,32

Objetivo: Gastos relacionado a produção do CBUQ

| Item | Discriminação dos Serviços | Quant. | Unid. | Mão de Obra (R\$) | Custo (R\$) | GASTO (R\$) |
|----------|---|----------|---------|-------------------|-------------|-------------|
| 1 | FUNCIONARIOS | | | | | |
| 1.1 | Ajudante de usina de asfalto | 35,00 | Minutos | 0,12 | | 4,20 |
| 1.2 | Operador de usina de asfalto | 35,00 | Minutos | 0,19 | | 6,65 |
| 1.3 | Operador de retroescavadeira | 35,00 | Minutos | 0,17 | | 5,95 |
| 1.4 | Laboratorista | 35,00 | Minutos | 0,34 | | 11,90 |
| 2 | AGREGADOS | | | | | |
| 2.1 | Pedrisco e pó de pedra | 22,84 | Ton | | 18,00 | 411,12 |
| 3 | LIGANTE ASFÁLTICO | | | | | |
| 3.1 | CAP 50/70 - Cimento asfáltico de petróleo | 1.350,00 | Kg | | 1,89 | 2.551,50 |
| 4 | COMBUSTÍVEIS | | | | | |
| 4.1 | Diesel para retroescavadeira | 4,08 | Lts | | 2,98 | 12,16 |
| 4.2 | Xisto para usina de asfalto | 120,95 | Lts | | 2,57 | 310,84 |

TOTAL 3.314,32

Fonte: Leonardo (2017) adaptada.

5.4 LEVANTAMENTO DA QUANTIDADE DE PMF GASTO PELA SEMOSP NO TAPA BURACO

Foi realizado um levantamento da quantidade de revestimento PMF que a SEMOSP utiliza durante o mês nos serviços de tapa buracos. Como base para esta estimativa, foi utilizado à mesma quantidade de PMF usinada no dia 22 de abril de 2021, um total de 132 toneladas (conforme vista técnica).

Com a ajuda de um dos integrantes da equipe do tapa buraco, foi possível mensurar que a determinada quantia de material foi suficiente para realizar os serviços de manutenção asfáltica durante 11 dias.

Assim a tabela 06 abaixo, sintetiza a estimativa da quantidade e o valor gasto por mês com o revestimento PMF pela prefeitura.

Tabela 06 – Memorial de cálculo do gasto com tapa buraco no mês

| |
|--|
| $132 \text{ t} / 11 \text{ dias} = \mathbf{12 \text{ t por dia}}$ |
| $12 \text{ t} \times 25 \text{ dias} = \mathbf{300 \text{ t por mês}}$ |
| $300 \text{ t} \times \text{R\$ } 355,17 = \mathbf{\text{R\$ } 106\ 551,00 \text{ mês}}$ |

Fonte: Autoria própria (2021).

5.4.1 Cálculo de comparação da quantidade de recapeamento que poderia ser executado com o mesmo PMF gasto no tapa buraco pela prefeitura no mês

Para esta comparação foi realizado um cálculo de modo a verificar quantos metros corridos de recapeamento asfáltico, de uma via de 7,30 m largura com 3 cm espessura (compactada), poderia ser executado com a mesma quantidade de massa asfáltica gasta no tapa buraco pela SEMOSP no mês, no caso 300 toneladas.

Através de informações obtidas pela SEMOSP, 7,30 m de largura representa uma medida padrão das vias recapeadas por ela, e também utilizam como massa específica da massa asfáltica compactada o valor de 2,3 t/m³.

Desta forma a Tabela 07 abaixo, demonstra os cálculos da comparação citada acima.

Tabela 07 – Memorial de cálculo da comparação

$$1 \text{ m} \times 7,30 \text{ m} \times 0,03 \text{ m} = \mathbf{0,219 \text{ m}^3 \text{ por metro corrido}}$$

$$0,219 \text{ m}^3 \times 2,3 \text{ t/m}^3 = \mathbf{0,5037 \text{ t por metro corrido}}$$

$$300\text{t} / 0,5037\text{t/m} = \mathbf{595,60\text{m por mês}}$$

$$595,60\text{m} \times 12 \text{ meses} = \mathbf{7 147,20\text{m por ano}}$$

Fonte: Autoria própria (2021).

5.4.2 Discussões

Segundo os valores obtidos no estudo podemos identificar que a prefeitura de Ariquemes-RO tem gastos elevados com o serviço de tapa buraco e não são executados corretamente. Então fica a sugestão para os gestores da cidade, em fazer um treinamento à equipe de tapa buraco de modo a trabalhar de maneira correta, conforme a norma estabelece. Também fazer a aquisição de equipamentos e ferramentas apropriadas para a executar o trabalho, de modo a propiciar a qualidade no serviço executado.

Assim os remendos teriam uma vida útil maior, e se houver um bom planejamento, o material utilizado com manutenções, poderá ser empregado em recapeamentos ou novas pavimentações, melhorando assim, o conforto, a segurança e a qualidade da trafegabilidade para os usuários.

CONCLUSÃO

O presente trabalho verificou o processo de utilização do revestimento asfáltico PMF (Pré-misturado à Frio) pela SEMOSP (Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos) da cidade de Ariquemes-RO. Ao mesmo tempo, realizou uma comparação com o revestimento asfáltico CBUQ (Concreto Betuminoso usinado à quente), utilizando-os no serviço de tapa buraco.

A pesquisa identificou que o processo de produção do PMF pela SEMOSP está nos parâmetros estabelecidos pela norma DNIT 153/2010, e que o processo de execução do serviço de tapa buracos não está sendo realizado corretamente. Verificou-se também que o gasto da prefeitura com revestimento asfáltico no serviço de tapa buraco é muito elevado.

Com base no desenvolvimento do estudo, através de levantamentos de custos de ambas as misturas e com o auxílio de levantamentos bibliográficos, tratando-se de vantagens e desvantagens das misturas, ficou determinado que o revestimento PMF possui vantagens em relação ao CBUQ: facilidade de produção, transporte, aplicação e manuseio da mistura em campo; aplicação à frio e de forma rápida; possibilidade de estocagem; utilização de maquinários simples para a fabricação; os agregados não precisam ser aquecidos na produção; redução na evaporação de gases tóxicos ao meio ambiente entre outras.

Assim, quanto ao manuseio e facilidade na fabricação, chegou-se à conclusão que o revestimento asfáltico PMF é uma boa opção para os serviços de manutenções asfálticas em áreas urbanas quando comparado ao CBUQ.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEDA (Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto). **Manual Básico de Emulsões asfáltica**. 2º Edição. Rio de Janeiro. 2010. Disponível em: <http://www.abeda.org.br/livros/>. Acesso em: 17 de maio de 2021.

ADADA, Lucas Bach. **Programa de integração e capacitação – DER/ 2008**.

ARTERIS. **Remendos em pavimentos - Especificação Particular para Execução de Remendos em Pavimentos**. 2015. Disponível em: <HTTPS://www.arteris.com.br/wp-content/uploads/2018/07/ARTERIS-ES-013.Remendos-de-Pavimento-REM-PAV-REV-8.pdf>. Acesso em: 27 de maio de 2021.

BALBO, J. T. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projetos e restaurações**. São Paulo, Ed. Oficina dos Textos, 2007.

BERNUCCI, L. B. et al. **Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobrás: Abeda, 2006.

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

BROCHADO, M. M. L. **Estudo da viabilidade do asfalto pré-misturado a frio em rodovias de médio e baixo tráfego**. Brasília, 2014. Disponível em: <https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/235/6383/1/20968850.pdf>. Acesso em: 05 de julho de 2021.

CERATTI J. A. P. et al. **Utilização de ligantes asfálticos nos serviços de pavimentação**. 1ª Edição. Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <http://www.abeda.org.br/livros/>. Acesso em: 19 de maio de 2021.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES. **Transportes rodoviários: Por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?** Brasília: CNT, 2017.

DNER. Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. **DNER - ES 317/97: Pavimentação – pré-misturado a frio - Norma rodoviária.**

Rio de Janeiro, 1997.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de pavimentação.** 3 ed. Rio de Janeiro, 2006. (IPR. Publ. 719).

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **DNIT 153/2010 – ES: Pavimentação asfáltica – Pré-misturado a frio com emulsão catiônica convencional – Especificações de serviço.** 2010.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura De Transporte. **DNIT 031/2006 – ES: Pavimentos flexíveis - Concreto asfáltico - Especificação de serviço.** 2006.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura De Transporte. **DNIT 154/2010 – ES: Pavimentação asfáltica – Recuperação de defeitos em pavimentos asfálticos - Especificação de serviço.** 2010.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura De Transporte. **DNIT 005/2003 – TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos.** Terminologia. 2003.

GUIMARÃES, A. C. R.; LOURES, R. C. B. A. **Utilização de misturas asfálticas usinadas a frio como alternativa técnica, econômica e ambiental às misturas usinadas a quente.** Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2015.

LEONARDO, D. C. **Análise de desempenho de diferentes misturas asfálticas: estudo de caso através da construção de trechos experimentais com pré-misturado a frio e o concreto betuminoso usinado a quente.** Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUI. Santa Rosa, 2017.

MARODIN, E. E. **Alternativa de dimensionamento para o pavimento da BR-448: análise mecânica com aplicação de BGTC**. 2010.

MOTTA, R. dos S. **Estudo de misturas asfálticas mornas em revestimentos de pavimentos para redução de emissão de poluentes e de consumo energéticos**. São Paulo, 2011.

PINTO, S.; PINTO, I. E. **Pavimentação asfáltica: conceitos fundamentais sobre materiais e revestimentos asfálticos**. 1 ed. – Rio de Janeiro: LTC, 2019.

Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/>. Acesso em: 11 de maio de 2021.

ROSO, J. A. **Análise do comportamento mecânico nos aspectos resistência Marshall e à fadiga de misturas asfálticas densas usinadas à frio 143f**. Tese de Mestrado. Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

SANTOS, F. C. dos. **Pavimentação: análise comparativa entre pavimento rígido e o pavimento flexível**. 2019.

SANTOS, M. A. dos. **Avaliação do comportamento mecânico de misturas betuminosas a frio via ensaios de laboratórios**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2002.

SENÇO, W. D. **Manual de técnicas de pavimentação**. 2ª. Ed. São Paulo: PINI, v. I, 2007.

SILVA, P. F. A. **Manual de Patologia e Manutenção de Pavimentos**. 2º Edição, São Paulo: Editora Pini Ltda, 2008.

VIEIRA. **Análise da viabilidade do uso de pré-misturados a frio em aeródromos**. São José dos Campos, 2009.



RELATÓRIO DE VERIFICAÇÃO DE PLÁGIO

DISCENTE: Fabio Fernandes Soares

CURSO: Engenharia Civil

DATA DE ANÁLISE: 23.08.2021

RESULTADO DA ANÁLISE

Estatísticas

Suspeitas na Internet: **7,33%**

Percentual do texto com expressões localizadas na internet ⚠️

Suspeitas confirmadas: **3,92%**

Confirmada existência dos trechos suspeitos nos endereços encontrados ⚠️

Texto analisado: **89,27%**

Percentual do texto efetivamente analisado (frases curtas, caracteres especiais, texto quebrado não são analisados).

Sucesso da análise: **100%**

Percentual das pesquisas com sucesso, indica a qualidade da análise, quanto maior, melhor.

Analisado por Plagius - Detector de Plágio 2.4.11
segunda-feira, 23 de agosto de 2021 08:34

PARECER FINAL

Declaro para devidos fins, que o trabalho do discente **FABIO FERNANDES SOARES**, n. de matrícula **29369**, do curso de Engenharia Civil, foi **APROVADO** na verificação de plágio, com porcentagem conferida em 7,33%, devendo o aluno fazer as correções necessárias.

HERTA MARIA DE AÇUCENA DO N. SOEIRO

Bibliotecária CRB 1114/11

Biblioteca Júlio Bordignon

Faculdade de Educação e Meio Ambiente