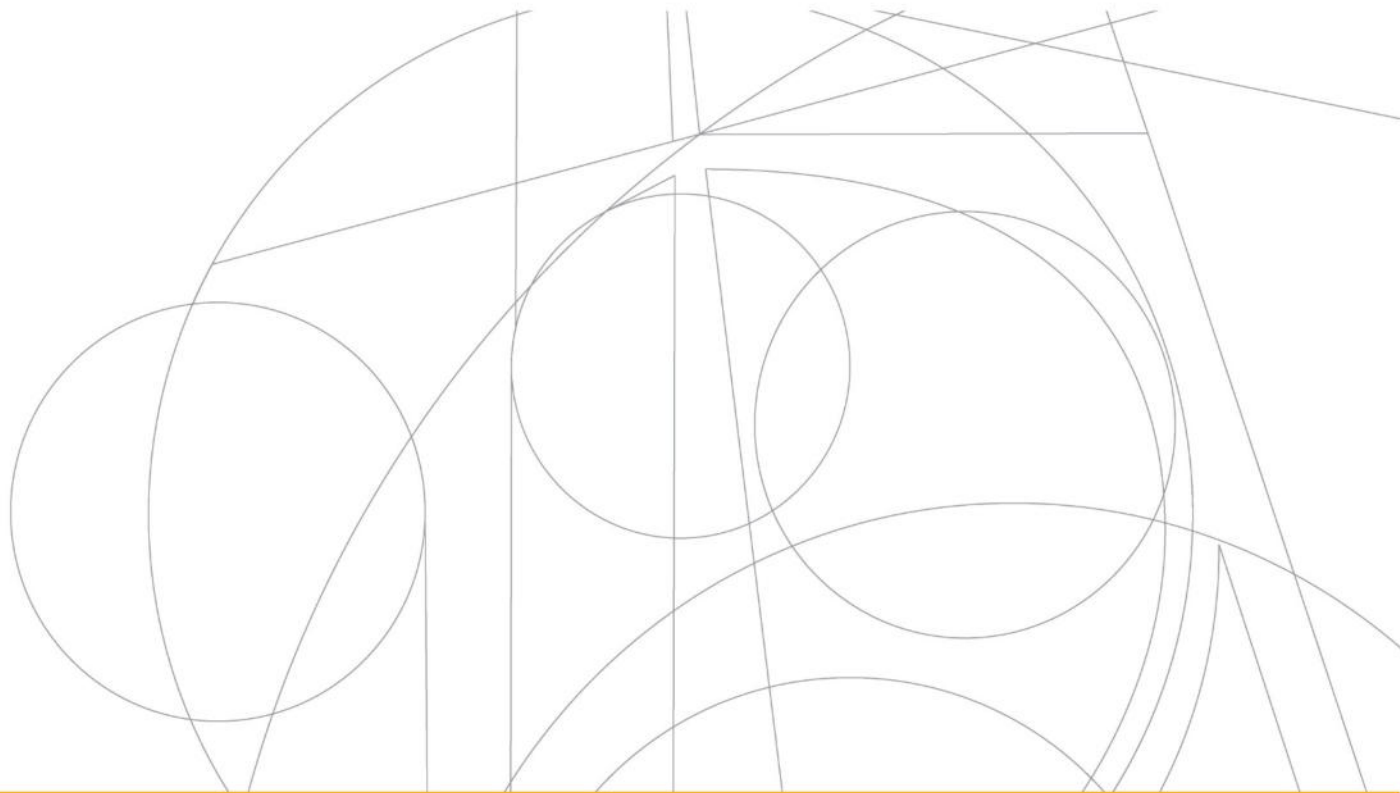




TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO DE PAVIMENTOS
RODOVIÁRIOS

2025

César António Cabanga

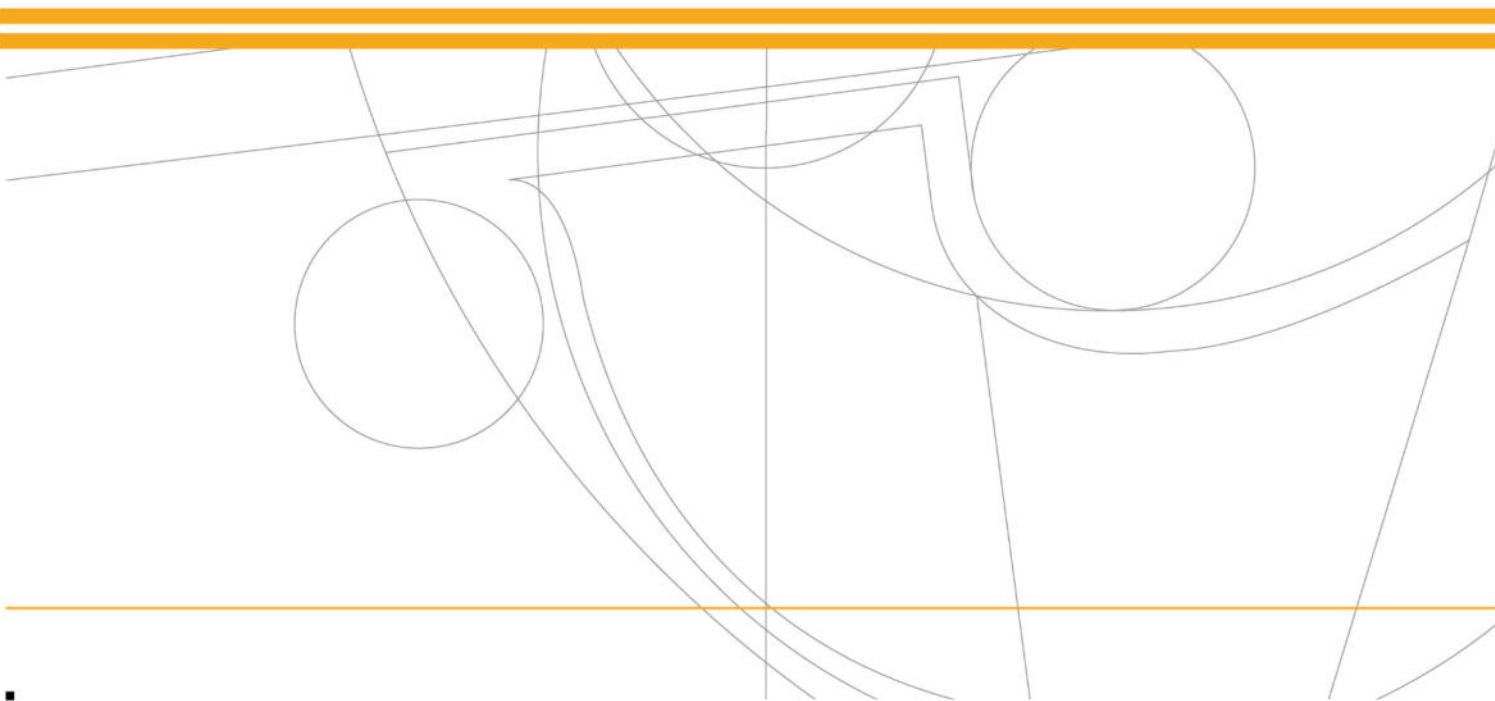


TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS

César António Cabanga



Escola Superior de Tecnologia e Gestão





INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO

César António Cabanga

TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS

Mestrado em Engenharia Civil e do Ambiente

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor Carlos Oliveira
e coorientação de
Professor Doutor José F. Silva

Outubro de 2025

Agradecimentos

Não há palavras suficientes para agradecer a todas as pessoas que me apoiaram nestes anos durante toda a minha formação acadêmica.

Em primeiro lugar quero agradecer ao meu orientador, professor Doutor Carlos Oliveira, por todas as horas disponíveis e todo o apoio a qualquer momento para me orientar e os ensinamentos/aprendizagens que me levaram ao sucesso na conclusão da dissertação.

Aos docentes do programa do mestrado, minha consideração pelo conhecimento oferecido e pelas contribuições que enriquecem a minha formação.

À minha família, em especial a minha esposa, por todo o apoio e confiança que depositaram em mim para que todo este percurso fosse possível. Aos meus filhos por me libertar e relaxar nos momentos de maior stress e cansaço. Aos meus parentes por terem apostado e confiado nas minhas capacidades para concluir com sucesso a minha formação acadêmica.

Aos colegas e amigos que encontrei nessa jornada, sou grato pelas conversas, parcerias e trocas de ideias que tornaram o caminho mais leve e enriquecedor.

A todos que, de alguma maneira, participaram da concretização desta dissertação, meu sincero agradecimento.

Aos amigos de vida que me apoiaram indiretamente e que depositaram fé e paciência em mim nestes anos mesmo não percebendo nada daquilo que estudava ou fazia.

À Socorpena, expresso minha sincera gratidão pelo fornecimento dos dados bibliográficos que foram essenciais para a realização deste trabalho, onde contribuiu significativamente para a qualidade e a profundidade da mesma.

Resumo

Uma vez que a rede rodoviária de Portugal se encontra praticamente construída, neste âmbito surge a necessidade da reabilitação de pavimentos degradados, sendo necessário a utilização de matérias e metodologias de construção que visem o melhor resultado com o menor impacto possível, sendo ele do ponto de vista económico, ambiental e também social. Este processo considerado vantajoso está cada vez mais, levado a cabo no panorama nacional, nomeadamente quando o país tenta recuperar da crise económica que se verificou nos últimos anos.

Com isso, o presente trabalho pretende apresentar um estudo aprofundado sobre a reabilitação de pavimentos rodoviários flexíveis baseada em técnicas de reciclagem de pavimentos, tentando explicitar as principais fases do processo construtivo juntamente com a determinação das principais variáveis que influenciam na determinação da utilização deste tipo de técnica em ascendente crescimento na área da pavimentação.

Primeiramente apresentamos diferentes tipos de técnicas, detalhando suas características, materiais utilizados, vantagens e desvantagens, levando sempre em conta a conservação destes pavimentos de modo que o processo de manutenção e reabilitação seja demorado. Determinação das principais variáveis que influenciam na determinação da utilização deste tipo de técnica em ascendente crescimento na área da pavimentação.

Em termos económico, é notável que dentre as técnicas de reabilitação de pavimentos rodoviários, o processo de reciclagem, apresenta custos relativamente baixos e resultados superiores aos das soluções tradicionais/convencionais, para além das inúmeras vantagens ambientais associadas, A redução de resíduos e na emissão de poluentes devido a reutilização de materiais reciclados.

PALAVRAS-CHAVES: Reciclagem, Fresagem de materiais, Misturas betuminosas, Pavimentos Flexíveis

Abstract

The Portuguese national road network is already practically built. In this context, the need arises for the rehabilitation of deteriorated pavements, requiring the use of materials and construction methodologies aimed at achieving the best results with the least possible impact — whether economic, environmental, or social. This process, considered advantageous, is increasingly being implemented at the national level, especially as the country seeks to recover from the economic crisis experienced in recent years.

With this, the present work aims to present an in-depth study on the rehabilitation of flexible road pavements based on pavement recycling techniques, seeking to outline the main phases of the construction process, along with the identification of the key variables that influence the decision to use this type of technique, which is experiencing growing adoption in the field of pavement engineering.

First, we present different types of techniques, detailing their characteristics, the materials used, advantages and disadvantages, always considering the preservation of these pavements in such a way that the maintenance and rehabilitation processes are less frequent. Furthermore, the main variables that influence the choice of this increasingly adopted technique in the field of pavement engineering are identified.

From an economic standpoint, it is notable that among road pavement rehabilitation techniques, the recycling process presents relatively low costs and superior results compared to traditional/conventional solutions. In addition to these benefits, there are numerous associated environmental advantages, such as the reduction of waste and pollutant emissions due to the reuse of recycled materials.

Keywords: Recycling, Pavement milling, Asphalt mixtures, Flexible pavements

Índice

Agradecimentos	ii
Resumo	iii
Abstract	iv
Índice de Figuras	viii
Índice de Tabelas.....	x
Lista de abreviaturas	xi
1 Introdução.....	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objectivos.....	2
1.3 Organização do trabalho	3
2. Conservação de pavimentos rodoviários.....	3
2.1 Generalidades	3
2.2 Reabilitação estrutural de pavimentos	6
2.3 Técnicas de reabilitação estrutural de pavimentos	7
2.3.1 Introdução	7
2.3.2 Reforços de pavimentos.....	8
2.3.2.1 Misturas betuminosas a quente convencionais	11
2.3.2.2 Misturas betuminosas de alto módulo	15
2.3.2.3 Misturas betuminosas modificados com polímeros	17
2.3.2.4 Misturas betuminosas com betumes modificados com borracha	19
2.3.2.5 Misturas betuminosas a frio (com emulsão betuminosa)	25
2.2.3.6 Técnicas anti reflexão de fendas	27
2.3.3 Reciclagem de pavimentos	29
2.3.3.1 Misturas betuminosas recicladas a quente em central	31
2.3.3.2 Misturas betuminosas recicladas in situ a frio com emulsão betuminosa ..	34
2.3.3.3 Misturas betuminosas recicladas in situ a frio com espuma de betume ...	36
2.3.3.4 Misturas betuminosas recicladas in situ a frio com cimento	37

2.3.3.5 Outras técnicas de reciclagem de pavimentos flexíveis	40
3. Misturas betuminosas densas a frio	43
3.1 Misturas fabricadas em central	43
3.2 Reciclagem a frio in situ.....	44
4. Caso de estudo	54
4.1 Caracterização da obra	54
4.2 Misturas betuminosas recicladas a quente em central	55
4.2.1 Determinação da percentagem do betume.....	59
4.2.2 Análise granulométrica.....	60
4.2.3 Determinação da baridade máxima.....	61
4.2.4 Determinação da baridade da mistura betuminosa compactada	62
4.2.5 Determinação da porosidade	63
4.2.6 Ensaio de compressão Marshall	64
4.2.7 Índice de resistência conservada	65
4.2.8 Determinação da sensibilidade à água de provetes betuminosos	66
4.2.9 Ensaio de escorrimento do ligante	67
4.3 Remoção do pavimento e gestão do fresado.....	68
4.3.1 Limpeza do pavimento antes da fresagem	68
4.3.2 Fresagem	69
4.4 Incorporação de reciclados na mistura	71
4.4.1 Misturas de ligação e desgaste	73
4.4.2 Aplicação das misturas em obra	74
4.4.3 Sinalização	75
4.4.3.1 Sinalização temporária	76
4.4.3.2 Sinalização horizontal	77
4.4.3.3 Sinalização vertical	78
4.5 Limpeza e remates final na via	79

4.6 Controlo de materiais a incorporar na obra e equipamentos a utilizar	80
4.6.1 Controlo de produto não conforme	81
4.6.2 Plano de gestão e prevenção de resíduos	82
5 Conclusão	84
6. Bibliografia	86

Índice de Figuras

Figura 2.1: Execução de sondagem de rotação [Fontul, 2007] e tarolos retirados de um pavimento flexível	10
Figura 2.2: Sondagem por abertura de poço [Fontul et al, 2007]	10
Figura 2.3: Funcionamento do Deflectógrafo de pavimentos do LNEC [Fontul, 2004]	11
Figura 2.4: Reforço do trecho de um pavimento em Deocriste, viana do castelo (DS Smith, 2025)	11
Figura 2.5: Configuração tradicional de uma central continua de fabrico de misturas betuminosas a quente (EAPA, 1998)	14
Figura 2.6: Configuração tradicional de uma central descontínua de fabrico de misturas betuminosas a quente (EAPA, 1998)	15
Figura 2.7: Diferenças entre misturas betuminosas a quente tradicional e a mistura betuminosa de alto modulo (Batista, 2005)	16
Figura 2.8: Borracha moída reciclada de pneu (Antunes et al, 2001c)	25
Figura 2.9: Aplicação de microaglomerado betuminoso a frio (adaptado de Go Green 2012)	26
Figura 2.10: Esquema de propagação de fendas e o sistema anti reflexão de fendas (Batista, 2005)	28
Figura 2.11: Aplicação de grelhas para o controlo a formação de fissuras no asfalto (Pavimentos asfálticos, Tensar)	29
Figura 2.12: Aplicação mecânica do geotêxtil impregnado com emulsão betuminosa (Pavimentos asfálticos, Tensar)	29
Figura 2.13: Esquema do processo de reciclagem a quente em central (Baptista, 2006)	33
Figura 2.14: Esquema de operação de reciclagem in situ a frio com emulsão betuminosa (Batista, 2009 – imagens wirtgen)	35
Figura 2.15: Processo de obtenção do betume espuma (traduzido e adaptado de Wirtgen, 2001)	36
Figura 2.16: Procedimento da reciclagem a frio in situ com betume-espuma (Wirtgen, 2012)	37
Figura 2.17: Alguns constituintes das máquinas recicladoras e comboio de reciclagem ...	39
Figura 2.18: Processo de reciclagem em central semi-quente	40
Figura 2.19: Reciclagem a quente in situ de misturas betuminosas (David, 2006)	42
Figura 3.1: Panorâmica geral da central de fabrico de misturas betuminosas a frio em Pampilhosa da serra (Construções JJR e filhos AS)	43

Figura 3.2: Processo de micro fresagem do pavimento (Alcomoa, engenharia e serviços)	46
Figura 3.3: Pormenor da mistura de aditivos (Alcomoa, engenharia e serviços)	47
Figura 3.4: Espalhamento mecanizado de cimento (Arrieiro 2007)	48
Figura 3.5: Espalhamento manual de cimento (Arrieiro 2007)	48
Figura 3.6: Espalhamento da mistura (Alcomoa engenharia e serviços)	49
Figura 4.1: Localização e visualização do troço em estudo EN1101 (Socorpena, engenharia e construções)	55
Figura 4.2: Central betuminosa (Socorpena, engenharia e construções)	57
Figura 4.3: Esquema do fabrico da mistura betuminosa	57
Figura 4.4: Representação gráfica do fuso granulométrico (Socorpena, engenharia e construções)	61
Figura 4.5: Carotes extraídos do pavimento (Socorpena, engenharia e construções)	68
Figura 4.6: Limpeza com recurso a mini pá carregadora (Socorpena, engenharia e construções)	69
Figura 4.7: Armazenamento de resíduos proveniente da fresagem, dentro da via Intervencionada (Socorpena, engenharia e construções)	70
Figura 4.8: Remoção dos resíduos e encaminhamento para o local autorizado (Socorpena, engenharia e construções)	70
Figura 4.9: Aplicação da nova mistura betuminosa (Socorpena, engenharia e construções)	75
Figura 4.10: Semaforização para alteração na circulação rodoviária (Socorpena, engenharia e construção)	77
Figura 4.11: Sinalização horizontal prevista no projecto (Socorpena, engenharia e construções)	78
Figura 4.12: Local de armazenamento de sinalização utilizada na empreitada (Socorpena, engenharia e construções)	79

Índice de Tabelas

Tabela 2.1: Designação das misturas betuminosas (Estradas de Portugal, 2012)	12
Tabela 2.2: Características de misturas a quente (Santos, 2009)	13
Tabela 2.3: Acumulação anual de pneus usados nos países da união Europeia (Oda e Júnior, 2001)	21
Tabela 2.4: Principais características das misturas MBR-BMB e MBA-BMB (Antunes et al, 2006) ...	22
Tabela 2.5: Principais técnicas de reciclagem (Santos, 2009)	31
Tabela 2.6 propriedades do material fresado (Estradas de Portugal, 2012)	38
Tabela 4.1: Elementos constituinte da central betuminosa	59
Tabela 4.2: Características do provete de ensaio (Socorpena, 2024)	59
Tabela 4.3: Determinação da percentagem em betume pelo método B -forno sem balança interna (Socorpena, 2024)	60
Tabela 4.4: Fuso granulométrico (Socorpena, 2024)	60
Tabela 4.5: Característica do ensaio (Socorpena, 2024)	61
Tabela 4.6: Baridade do provete (Socorpena, 2024)	62
Tabela 4.7: Determinação da baridade da mistura compactada (Socorpena, 2024)	63
Tabela 4.8: Determinação da porosidade (Socorpena, 2024)	64
Tabela 4.9: Resultados de ensaio de compressão Marshall (Socorpena, 2024)	65
Tabela 4.10: Resultados do índice de resistência conservada (Socorpena, 2024)	66
Tabela 4.11: Resultados da sensibilidade à água de provetes betuminosos.....	67
Tabela 4.12: Resultados do ensaio de escorrimento de ligantes (Socorpena, 2024)	67
Tabela 4.13: Propriedade e requisitos mínimos de conformidades das misturas betuminosas recicladas (LNEC E472, 2009)	72
Tabela 4.14Taxa máxima de incorporação de misturas betuminosas recicladas a quente (LNEC E 472,2009)	72
Tabela 4.15: Quantidades das misturas de ligação e desgaste aplicados em obra	74
Tabela 4.16: Gestão de resíduos e sua tipologia (Socorpena, engenharia e construção)..	83

Lista de abreviaturas

ABE – Agregado britado de granulometria extensa

AIPCR – Associação mundial de estradas

APORBET – Associação Portuguesa de fabricantes de misturas betuminosas

ASTM – American society for testing and material

BMBB – Betume de borracha de baixa percentagem

BMBM – Betume de borracha de média percentagem

BMBA – Betume de borracha de alta percentagem

EAPA – European asphalt pavement association

FHWA – Federal highway administration

JAЕ – Junta autónoma de estrada

LNEC – Laboratório nacional de engenharia Civil

MACOPAV – Manual de concepção de pavimentos

MBF – Mistura betuminosa a frio

MIL – STD – Norma militar

MB-BMB – Mistura betuminosa com betume modificado com borracha

MB-BNB – Mistura betuminosa convencional, com betuminosa modificado com borracha

MBR-BMB – Mistura betuminosa rugosa com betume modificado com borracha

OCDE – Organização para cooperação e desenvolvimento económico

PIB – Polisobutileno

PMB -Polymer modified bitumen

RAP – Reclaimed asphalt pavement

RECIPAV – Engenharia de pavimentos

SAMI – Stress absorbing menbrane interlayer

SMA – Estone mástique

TMDA – Tráfico médio diário anual

1 Introdução

1.1 Enquadramento

Sendo que o território Português, está construído em estradas, maior parte por pavimentos flexíveis devido a frequência do tráfego que é notável nesta região da península ibérica, sendo na sua extensão, a rede rodoviária de 17874 Km (Portugal 2010), sendo as vias de comunicação a base fundamental para o desenvolvimento de qualquer nação, foram construídos estradas em misturas betuminosas, suficiente para suportar o tráfego nesta região, redistribuindo tensões transmitidas as fundações.

Hoje em dia se tem a necessidade cada vez mais de estudar as novas técnicas de reabilitação e manutenção destes pavimentos, modernizando-as devida as grandes exigências do tráfego atual, visto que há tradições que se perdem com o tempo, fazendo com que não só se apliquem técnicas tradicionais, mas também se começam a estudar novos métodos de reabilitação e conservação.

Os projetos de reabilitação em Portugal, baseiam-se em reforço estrutural, isto é, em autoestradas e em estradas mais importantes, para as estradas de menor custo de reabilitação nem sempre se aplica.

O plano sustentabilidade se faz sentir, pensando sempre na economia, isto é, reutilização dos materiais muitas vezes fresados, ou seja, existente no pavimento a reabilitar (OCDE, 1997), a reciclagem destes mesmos pavimentos é fundamental quando se pensa na diminuição de desperdício de resíduos (Byrne, 2005). A preservação do meio ambiente também deve fazer parte garantindo que este processo, como qualquer atividade humana não prejudique os ecossistemas, e por último o bem-estar social.

O aparecimento de patologias nos pavimentos rodoviários, estão intrinsicamente ligados a vários fatores tais como, a ação do tráfego, condições climáticas, como temperatura, regime pluviométrico e humidade, as quais afetam a segurança e a comodidade em termos de circulação rodoviária (Almeida, 2013).

No Manual de Concepção de Pavimentos para a Rede Nacional Rodoviária (MACOPAV), para o dimensionamento dos pavimentos rodoviários apenas se considera o efeito do tráfego de veículos pesados, nomeadamente, o tráfego médio diário anual de veículos pesados no ano de abertura, por sentido de circulação, na via mais solicitada por esses veículos (TMDA)p (JAE, 1995). Em Portugal existe carência de um método específico para o dimensionamento de estradas de baixo volume de tráfego (Peixoto, 2014).

Deve sempre se fazer estudos profundos para a escolha da reabilitação a se efetuar, analisando os custos e benefício, tempo de vida útil, para uma melhor solução a aplicar no pavimento (Silva, 2014).

Deve-se sempre considerar duas fases do ciclo de vida dos pavimentos, sendo a primeira, desde o início da construção até a conclusão do processo, e a segunda fase que vai desde a conservação até o tempo de vida útil, um bom sistema de gestão é essencial para garantir um controle mais eficaz sobre suas operações de conservação, proporciona um nível elevado de serviço, com orçamentos ínfimos, evitando impactes negativos no tráfego e na sociedade (Meneses e Ferreira, 2013).

1.2 Objectivos

O seguinte trabalho com o tema manutenção e reabilitação de pavimentos rodoviários, tem por objetivo geral avaliar as diferentes técnicas de reabilitação, tais como, funcional e estruturais, recorrendo a diferentes critérios de avaliação e critérios opcional para o seu reforço. Como tal, reforçando as camadas do pavimento rodoviário, sendo esta crucial para o tráfego. Conhecendo as técnicas tradicionais de reabilitação e conservação de pavimentos rodoviários, sem esquecer a sua eficácia, o processo construtivo aplicado, bem como o comportamento do pavimento no local onde essas técnicas são aplicadas.

As respetivas vantagens e desvantagens devem ser estudadas na escolha da solução, de modo a otimizar a solução do pavimento a reabilitar.

As misturas betuminosas densas a frio e a quente, bem como reforço e reciclagem de pavimentos rodoviário, no âmbito do presente trabalho, faz-se um estudo profundo, daquilo que estas técnicas podem oferecer quanto a sua utilização. As misturas a frio fabricadas com agregados novos e as recicladas (misturas fabricadas com materiais fresados na própria obra), são conferidas características e comportamentos semelhantes pelo facto de terem em comum emulsão betuminosa na sua composição.

O objetivo principal deste trabalho, destaca-se, no comportamento mecânico e outros aspectos importantes no dimensionamento estrutural dos pavimentos, sem esquecer o tempo de cura, isto concernente, a misturas betuminosas densas a frio (com agregados novos e recicladas no processo de fresagem).

1.3 Organização do trabalho

Para a melhor compreensão e análise do tema abordado na dissertação, bem como dar resposta aos objectivos mencionados, os 4 capítulos foram distribuídos da seguinte forma:

No primeiro capítulo tecem algumas considerações gerais relativo ao tema, e apresentam-se os objetivos do trabalho.

No segundo capítulo, trata-se de aspectos importantes sobre a conservação de pavimentos rodoviários, métodos e alguns conceitos importantes, destacam-se técnicas, processo de produção de misturas betuminosas que são frequentemente aplicados e utilizados em Portugal. Ainda neste capítulo destaca-se as técnicas de conservação funcional e estrutural, alargando-se o desenvolvimento das infraestruturas rodoviária a serem reabilitadas, à reabilitação das características de superfícies, bem como as diferentes técnicas de reciclagem de pavimentos flexíveis.

No terceiro capítulo, apresenta-se o estudo das misturas densas a frio, tipos de misturas e sua aplicação, os principais materiais empregues na produção de misturas a frio, formulação de misturas a frio, fabrico em obra, bem como, as principais vantagens relacionadas com a aplicação de misturas a frio. Ainda neste capítulo trata-se aspectos referente à evolução no tempo das propriedades das misturas aplicadas, tendo sempre em conta todo o processo de aplicação em obra.

O quarto capítulo, apresenta-se experiência em obra, desde o fabrico de misturas, misturas betuminosas a quente, remoção e gestão de fresado, incorporação de reciclados na mistura, aplicação das misturas em obra, arranjos finais da via, bem como a avaliação de desempenho.

2. Conservação de pavimentos rodoviários

2.1 Generalidades

Os pavimentos rodoviários vão se deteriorando durante o seu tempo de vida útil, por acção dos agentes atmosférico, tais como, temperatura, regime pluviométrico, volume do tráfego intenso, especialmente de veículos pesados (caminhões, autocarro, etc.), exerce uma pressão significativa sobre o pavimento, o peso e a frequência do tráfego causam compressão e desgaste da superfície da estrada, retirando todas as condições de segurança, economia e conforto estabelecido para um determinado período de tempo.

Um sistema de gestão da conservação de pavimentos rodoviários é considerado como um meio de apoio à tomada de decisão por parte do estado. Logo o contexto político, orgânico, técnico e económico da entidade no qual se incorpora, deve estar estreitamente ligado ao planeamento do sistema de gestão, no seu conteúdo e funcionamento (Pereira e Miranda, 1999).

Há factores que impulsionam o desenvolvimento do sistema de gestão da conservação, que já tem sido uma prática visível desde os meados da década de 60 (OCDE, 1984).

Os factores são:

- O envelhecimento da rede de estrada dos países industrializados, que alertou para preservação de redes;
- As restrições orçamentais crescente;
- O reconhecimento do estado dos pavimentos nos custos dos utentes das vias;
- Tomada de consciência dos custos sociais e ambientais efetuados pelo transporte rodoviário e pelas características da camada de desgaste;
- O desenvolvimento tecnológico ocorrido no domínio da pavimentação;
- A capacidade de caracterizar o estado dos pavimentos através de equipamentos de medida;
- O avanço dos sistemas informático, nomeadamente a existência dos computadores e de sistemas de informação;
- O desenvolvimento generalizado e a tomada consideração dos métodos de gestão.

O objetivo principal da conservação dos pavimentos rodoviários, é assegurar e retardar a perda da qualidade funcional e estrutural, mantendo o padrão estabelecido anteriormente. É possível aplicar medidas que visam, restaurar um nível elevado de qualidade nos serviços, e proporcionar aos utilizadores melhores condições de circulação.

Assim sendo, o termo reabilitação utiliza-se quando o objetivo consiste no melhoramento das características, essencialmente das características estruturais. Este melhoramento deve-se ao facto de surgirem novas solicitações para um novo período de vida, especialmente o crescimento do tráfego (Jacinto, 2003; Branco et al., 2006).

A ruína estrutural do pavimento, a previsão de crescimento do tráfego pesado, gastos elevados de conservação corrente ou periódica, são factores que influenciam diretamente na solução de reabilitação de um pavimento ao longo prazo (Benta, 2008; Jacinto, 2003).

Por essa razão, para evitar custos socioeconômicos que possam surgir pela substituição do pavimento existente, agressão ao meio ambiente devido ao desgaste dos veículos e ao consumo de combustível, custos econômico e humano devido à ocorrência de acidentes na via motivados pela degradação, deve-se evitar a ausência da conservação ou na última das hipóteses a conservação tardia.

A gestão de conservação quanto ao seu objetivo pode dividir-se em dois grupos:

- **Conservação funcional**, um conjunto de ações realizadas com o objetivo de manter ou melhorar as condições de tráfego das estradas, garantindo a funcionalidade, a segurança e o conforto dos usuários, ao mesmo tempo em que se preserva a integridade estrutural do pavimento. O foco é a manutenção da performance do pavimento, ou seja, a sua capacidade de desempenhar bem suas funções ao longo do tempo, sem que haja a necessidade de reparos complexos ou substituição prematura.
- **Conservação estrutural**, tem como principal objetivo garantir que as camadas internas e fundacionais do pavimento rodoviário (como base, sub-base e fundação) continuem a suportar de forma adequada o tráfego de veículos pesados e as condições climáticas, sem que ocorram falhas ou degradação excessiva ao longo do tempo. Esse tipo de conservação busca restaurar ou manter a integridade da estrutura do pavimento, garantindo sua capacidade de carga e a durabilidade necessária para suportar os esforços impostos pelo tráfego e pelas condições ambientais.

Quanto ao nível de intervenção, distinguem-se em três tipos de conservação, segundo a (Asphalt Institute IS – 178, 1987; FHWA, 1999).

- a) **Conservação corrente**, conservação ordinária (AIPCR, 1990), engloba serviços mínimos ou de rotina, ao longo da vida útil do pavimento, essas intervenções são realizadas de maneira preventiva e corretiva, mas com um foco em ações mais simples, rápidas e de baixo custo, em comparação com as intervenções mais complexas de conservação estrutural ou funcional, são geralmente trabalhos paliativos, como tapagem de covas e desobstrução de valetas.
- b) **Conservação preventiva**, tem como objetivo principal evitar a deterioração precoce do pavimento, identificando e tratando de forma antecipada problemas que possam comprometer a sua integridade estrutural e funcionalidade. Ao invés de esperar que os danos se tornem sérios e exigem reparos caros e complexos, a conservação preventiva foca em ações regulares e programadas, com o intuito de prolongar a vida útil do pavimento e garantir que ele mantenha suas condições ideais de tráfego e segurança.

c) **Reabilitação**, é o processo de reconstruir, repor ou aumentar a capacidade de serviço, integridade estrutural e funcional de um pavimento que já apresenta sinais de deterioração significativa, como trincas profundas, afundamentos, buracos, deformações e problemas de drenagem.

Para evitar custos que podem ser suportados pela administração e pelos utentes, é necessário o mais rápido possível adoptar estratégias de conservação de modo a não ser atingida por uma situação crítica de degradação do pavimento (Powell et al, 1984).

O estado de um pavimento, no seu tempo de vida útil segundo o projecto, são descritos a partir de duas componentes principais, que são: as características funcionais e as características estruturais.

As **características funcionais** são aquelas que se relacionam com as condições de circulação dos veículos, tais como, a regularidade geométrica, capacidade, nível de serviço, segurança viária, acessibilidade, fluidez do tráfego, durabilidade e manutenção e o conforto do usuário. As características da camada de desgaste é um factor determinante nas características funcionais.

Características estruturais de um pavimento correspondem à sua capacidade de carga (Antunes, 1993), ou seja, à capacidade desse pavimento suportar as acções devida ao tráfego futuro (OCDE, 1987).

2.2 Reabilitação estrutural de pavimentos

A técnica de reabilitação estrutural consiste no aumento de camadas em misturas betuminosas que vão servir de reforço, aumentando assim a capacidade de suporte, para dar resposta a exigência do tráfego. A reabilitação estrutural melhora a qualidade no funcionamento e garante a qualidade estrutural do pavimento.

Durante a vida útil do pavimento, a degradação é notável na sua integridade devido aos agentes atmosférico e a acção do tráfego, muitas das vezes atingido níveis muito altos de degradação, logo deve ser alvo de conservação, adaptando medidas que visam a sua recuperação do pavimento.

A reabilitação estrutural de pavimentos rodoviário é uma solução ao longo prazo, onde em estradas a vida útil considerada no projecto de reabilitação de pavimentos em geral entre 10 a 20 anos.

Geralmente para reabilitação de pavimentos utiliza-se as misturas betuminosas a quente, devido a sua alta capacidade de resistência em comparação com as misturas betuminosas a frio onde destacamos as seguintes:

- Betão betuminoso;
- Betão betuminoso drenante;
- Macadame betuminoso;
- Betão betuminoso de alto módulo

2.3 Técnicas de reabilitação estrutural de pavimentos

2.3.1 Introdução

Antes do século XX não era notável a aplicação de misturas betuminosas na reabilitação de pavimentos rodoviários, porém, daí por diante com a intervenção de outras técnicas começou-se então a integração deste material, de modo a suportar solicitações do tráfego mais carregado em quaisquer condições climáticas, como também foram estudadas as técnicas mais fáceis de implementação em obra.

Aplicação de misturas betuminosas, tem sido incorporada em outras camadas nos últimos anos, em particular às camadas de base (Azevedo, 1993). Em Portugal 90% da sua extensão rodoviária é constituído por pavimentos flexíveis, ou seja, pavimento com camada de desgaste em mistura betuminosa e a camada adjacente em material granulares. Para que seja mantida a qualidade de serviço ao utente é necessário que a entidade de gestão tenha conhecimento profundo sobre o estado do pavimento, com isso poderá traçar estratégias de reabilitação.

Todo trabalho começa com uma inspeção visual, não destrutivo e alguns casos destrutivos, para avaliação das condições do pavimento e detetar danos, são bastante importantes para um sistema de gestão de pavimentos rodoviários. A pé ou com um veículo em baixa velocidade percorre-se o percurso fazendo vistoria para registo de observação num documento.

O GPS também muitas vezes utilizado como suporte de apoio a software informático que permitem fazer registo integrado do pavimento, evitando assim riscos de ocorrência de acidentes possível de acontecer no percurso a pé ou com veículo com baixa velocidade.

A capacidade estrutural do pavimento, deve se tomar em conta, como uma fonte de intervenção sobre o pavimento que apresentem fendilhamento e/ou deformação.

Portugal e outros países Europeus têm se empenhado em técnicas inovadoras no âmbito da reabilitação de pavimentos (Cost, 343, 2001; FORMAT, 2003, 2004), referindo-se no seguinte:

- Reforço de pavimentos com misturas betuminosas de alto módulo;
- Reforço de pavimentos com misturas com betumes modificados com polímeros;
- Reforço de pavimentos com misturas betuminosas com borracha reciclada com pneus;
- Reforço de pavimentos com misturas betuminosas a frio;
- Reciclagem de pavimentos flexíveis;
 - Reciclagem a frio in situ;
 - Reciclagem a quente em central;
 - Outras técnicas (reciclagem a quente in situ; reciclagem semi quente etc)
- Reforço de pavimentos adoptando técnicas anti-reflexão de fendas.

Por serem inovadoras estas técnicas já apresentam algum desenvolvimento, tais como:

- Materiais, métodos de formulação e processo construtivo;
- Dimensionamento;
- Características relacionadas com o desempenho em laboratório e em obra.

2.3.2 Reforços de pavimentos

As operações de reabilitação de um pavimento flexível, são feitas o processo de fresagem das misturas betuminosas antiga e deteriorada, para o uso corrente, isto no processo tradicional, envolvendo na camada de reforço, misturas betuminosas fabricadas a quente, em central.

A fresagem de pavimento é o processo de remoção controlada de camadas de asfalto ou betão de uma superfície pavimentada usando uma máquina chamada fresadora. Essa técnica é comumente utilizada para corrigir problemas como deformações, fissuras e desníveis, além de preparar a superfície para a aplicação de uma nova camada de pavimento. O principal objetivo da fresagem é restaurar a uniformidade e a aderência do pavimento, prolongando sua vida útil e melhorando a qualidade do pavimento rodoviário.

Segundo os processos tradicionais, uma vez fresada as zonas mais degradadas do pavimento a reabilitar é efectuada a reposição, na espessura fresada, com misturas betuminosas novas, procede-se a execução da camada do reforço em misturas betuminosas fabricadas a quente, em central.

O processo de fresagem envolve o uso de uma máquina fresadora equipada com tambores rotativos e dentes de corte. Esses tambores giram em alta velocidade, removendo camadas superficiais do pavimento de forma precisa e controlada. A espessura da camada removida pode variar de alguns milímetros a vários centímetros, dependendo das necessidades do projecto.

As principais etapas do processo de fresagem:

a) Inspeção e planeamento

Antes de iniciar a fresagem é feita uma inspeção detalhada da superfície pavimentada, para identificar os problemas e determinar a profundidade e extensão da fresagem necessária. O planeamento adequado é essencial para garantir que a fresagem seja eficiente e eficaz.

Nos anos 60, o LNEC desenvolveu o Deflectógrafo de pavimentos que utiliza uma viga Benkelman e permite registar a linha de influência dos deslocamentos verticais da superfície de um pavimento, num determinado alinhamento, à passagem de um rodado duplo de um camião. O rodado do camião está associado a um transdutor de distâncias e a linha de influência (bacia de deflexão) é registada graficamente em duas dimensões (xy) [Fontul, 2004; Antunes, 1993].

b) Configuração da fresadora

É configurada de acordo com as especificações do projecto, ajustando a profundidade de corte e velocidade da máquina, que garantem a correta quantidade do material seja removida sem comprometer a integridade do pavimento.

c) Remoção do pavimento

Começa a remoção da camada superficial, o material removido é chamado de RAP (Reclaimed Asphalt Pavement), é coletado e reutilizado em outros projectos, fazendo valer o conceito de construção sustentável.

d) Limpeza e preparação

Após a fresagem a superfície é limpa para detritos e poeira, preparando-a para a próxima etapa, que pode ser a aplicação de uma nova camada de asfalto ou betão, ou outro tratamento de manutenção.

A figura 2.1 ilustra as sondagens, podem ser efectuadas por rotação, em que são retirados tarolos cilíndricos (opção de escolha do diâmetro dos tarolos pretendidos) e por abertura de poços, preferencialmente junto à berma de modo a evitar perturbação e destruição nas vias de tráfego. Na figura 2.2, detalha a sondagem de um pavimento por abertura de poços.



Figura 2.1: Execução de sondagem de rotação [Fontul, 2007] e tarolos retirados de um pavimento flexível



Figura 2.2: Sondagem por abertura de poço [Fontul et al, 2007]

A sondagem feita durante a inspeção geralmente utiliza-se o radar de prospeção e o deflectómetro, figura 2.3, podendo assim determinar a espessura das camadas e o material constituinte. Outro procedimento é a abertura de poço, que para além de identificar as espessuras das camadas, recolher amostra dos materiais presente (camadas granulares), permite também ter uma perspectiva visual de cada camada e do conjunto dela.

No entanto, a execução de poço é um método que apresenta um baixo rendimento e é executada muito precisamente por ser um processo moroso, além de ser mais destrutivo do que as sondagens à rotação.

Feitos estes procedimentos, se começa então o processo de reabilitação do próprio pavimento, como pode observar na figura 2.4.

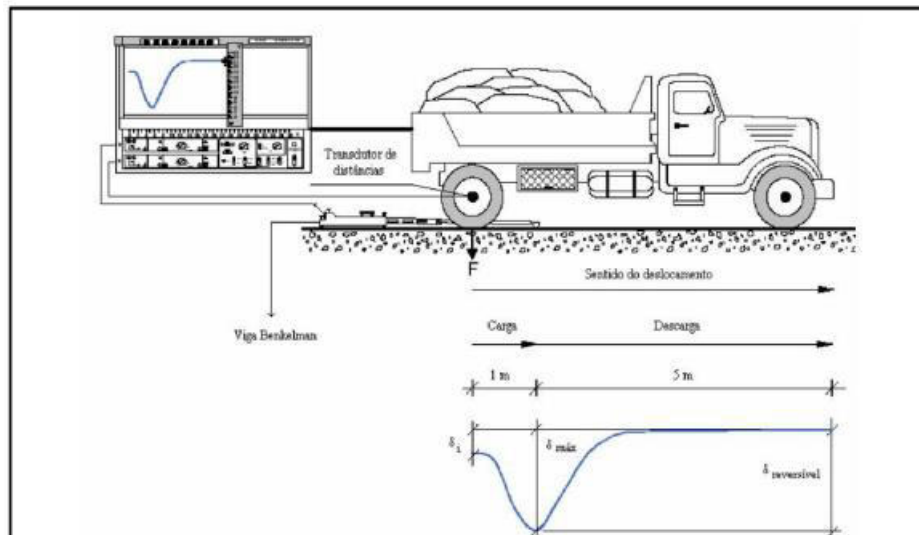


Figura 2.3: Funcionamento do Deflectógrafo de pavimentos do LNEC [Fontul, 2004]

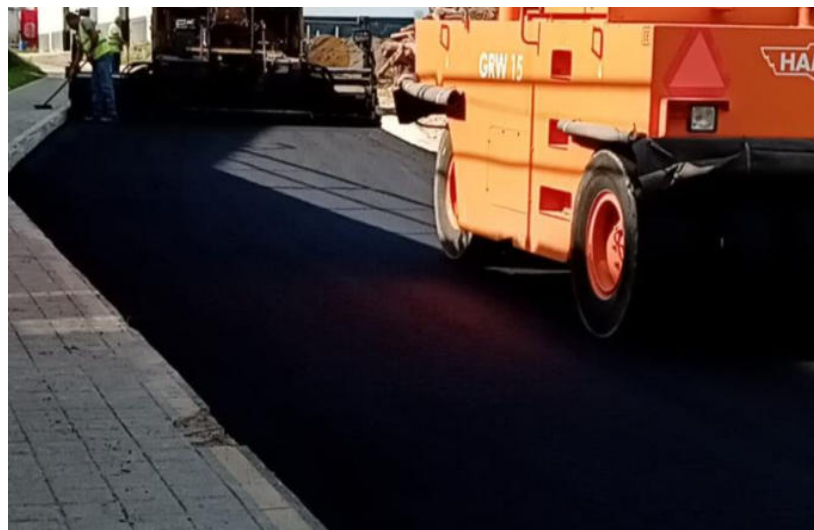


Figura 2.4: Reforço do trecho de um pavimento em Deocriste, viana do castelo (DS Smith, 2025)

2.3.2.1 Misturas betuminosas a quente, convencionais

O betume puro, proveniente da destilação do petróleo, é o ligante utilizado em central, na mistura com materiais granulares, para obtenção de misturas betuminosas a quente. Que posteriormente a mistura é transportada, espalhada e compactada, formando a camada do pavimento.

Principais qualidades que as misturas betuminosas a quente devem apresentar durante o seu estado de serviço são:

- Um bom coeficiente de atrito (pneu/pavimento), quer para condições de piso seco, quer quando molhado;
- Um nível de ruído pneu/pavimento dentro dos limites adequados bem como adequadas características óticas;
- Uma superfície regular que possibilite a circulação em condições de conforto, economia e segurança;
- Uma adequada macro textura para facilitar o escoamento das águas à superfície.

A EN 13108 -1 estabelece nova nomenclatura diferente daquela que é designada, no caderno de encargo de 1998. Existem misturas betuminosas distintas com as mesmas designações, apenas foram acrescentadas siglas correspondente ao tipo de mistura em causa, isto nas novas designações Europeia (Estradas de Portugal 2012). A tabela 2.1 apresenta a designação de misturas betuminosas.

Tabela 2.1: Designação das misturas betuminosas (Estradas de Portugal, 2012)

Camada	Designação anterior	Designação atual
Base	Macadame Betuminoso Fuso B	AC 32 base ligante (MB)
	Macadame Betuminoso Fuso A	AC 20 base ligante (MB)
	Mistura Betuminosa de Alto Módulo	AC 20 base ligante (MBAM)
Ligação	Macadame Betuminoso Fuso A	AC 20 bin ligante (MB)
	Mistura Betuminosa Densa	AC 20 bin ligante (MBD)
	Mistura de Alto Módulo	AC 16 bin ligante (MBAM)
	Betão Betuminoso	AC 14 bin ligante (BB)
	Argamassa Betuminosa com betume modificado	AC 4 bin ligante (AB)
Regularização	Macadame Betuminoso Fuso A	AC 20 reg ligante (MB)
	Mistura Betuminosa Densa	AC 20 reg ligante (MBD)
	Betão Betuminoso	AC 14 reg ligante (BB)
	Argamassa com betume modificado	AC 4 reg ligante (AB)
Desgaste	Betão Betuminoso	AC 14 surf ligante (BB)
	Betão Betuminoso Rugoso	AC 14 surf ligante (BBr)
	(micro) Betão Betuminoso Rugoso	AC 10 surf ligante (mBBr)
AC - designação do produto, cujo termo em inglês é <i>Asphalt Concrete</i> ; ligante - classe a definir; base - referente à camada de base, cujo termo em inglês é similar <i>base course</i> ; bin - referente à camada de ligação, cujo termo em inglês é <i>binder course</i> , de espessura constante; reg - referente à camada de regularização, cujo termo em inglês é <i>regulating course</i> , de espessura variável; surf - referente à camada de desgaste, cujo termo em inglês é <i>surface course</i> .		

Em Portugal as misturas betuminosas a quente tais como, macadame betuminoso, mistura betuminosa densa e o betão betuminoso em camada de desgaste ou adjacente, tornou-se a solução mais adoptada para a reabilitação de pavimentos rodoviário, onde o processo de aquecimento permite que o betume atinja a viscosidade ideal para se misturar adequadamente aos agregados e garantir boa aderência e durabilidade.

As suas características tornam as misturas betuminosas a quente uma escolha ideal para pavimentação de pavimentos rodoviário e ruas, oferecendo pavimentos com longa vida útil, resistência e capacidade de suportar grandes volumes de tráfego. A tabela 2.2 apresenta os valores de referência característicos das misturas a quente.

Tabela 2.2: Características de misturas a quente (Santos, 2009)

Misturas a quente	Dimensão dos agregados	Percentagem de betume (%)	Porosidade (%)	VMA (%)
Betão betuminoso para camadas de desgaste (AC 14 ou AC 10)	Dimensão máxima de 10 mm ou de 14 mm	5-6	4-6	Não deve ser inferior a 14%
Macadame Betuminoso (AC 32 ou AC 20)	Dimensão máxima de 25 mm ou 40 mm	4-5	4-8	Não deve ser inferior a 13%
Mistura Betuminosa Densa (AC 20)	Dimensão máxima de 20mm	5-5,5	3-5	Não deve ser inferior a 13%

Considera-se ideal aquece-la na ordem 150 a 160°C no seu fabrico, para que atinja a sua consistência. Após a produção da mistura é necessário assegurar uma temperatura pré-determinada para se proceder ao espalhamento e compactação, temperatura esta na ordem dos 130 a 150°C (Batista, 2004).

Considera-se na ordem de 4000 a 8000Mpa, os valores que as camadas betuminosas exibem módulos de deformabilidade, no início da sua vida de serviço (Antunes, 1993).

No aquecimento em temperaturas muito elevadas, consumindo energia, poeiras e outros poluentes são libertados. Sendo um processo que exige um tratamento diferenciado, tanto no manuseamento em central bem como na colocação em obra, exige-se elevado nível de segurança no local de produção, sem esquecer os aspectos relacionados ao meio ambiente.

Existem dois processos de produção principais, em particular, as centrais de produção contínua, predominando actualmente na Europa estas últimas décadas (EAPA, 1998). As centrais contínuas são também denominadas por centrais de tambor secador-misturador, devido ao facto de, no caso mais gerais, as operações de misturas entre os agregados, o filler, o betume e eventuais aditivos desenvolvem no tambor destinado à secagem e aquecimento dos agregados.

As misturas betuminosas a quente são fabricadas em centrais betuminosas específicas para esse efeito, relativamente complexas, designadas habitualmente por centrais fixas. Figura 2.5 apresenta-se um esquema do funcionamento de centrais fixas.

Em contraponto com as centrais contínuas, nas centrais descontinuas, a misturas dos diversos componentes ocorre numa unidade específica para este efeito, ou seja, no misturador. A figura 2.6 pode-se observar o modelo de funcionamento de uma central descontinua.

Na central contínua, a produção da mistura betuminosa ocorre de forma contínua, ou seja, o processo de mistura é realizado sem interrupção.

Na central descontínua, a produção ocorre em lotes. Ou seja, o processo é interrompido a cada vez que uma mistura é produzida, sendo necessário aguardar o ciclo completo para começar a produção do próximo lote.

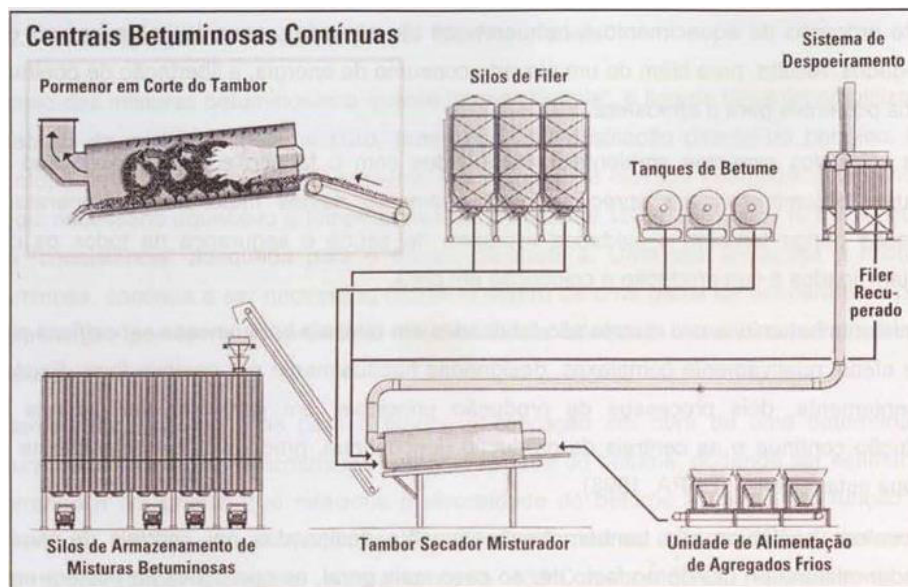


Figura 2.5: Configuração tradicional de uma central contínua de fabrico de misturas betuminosas a quente (EAPA, 1998)

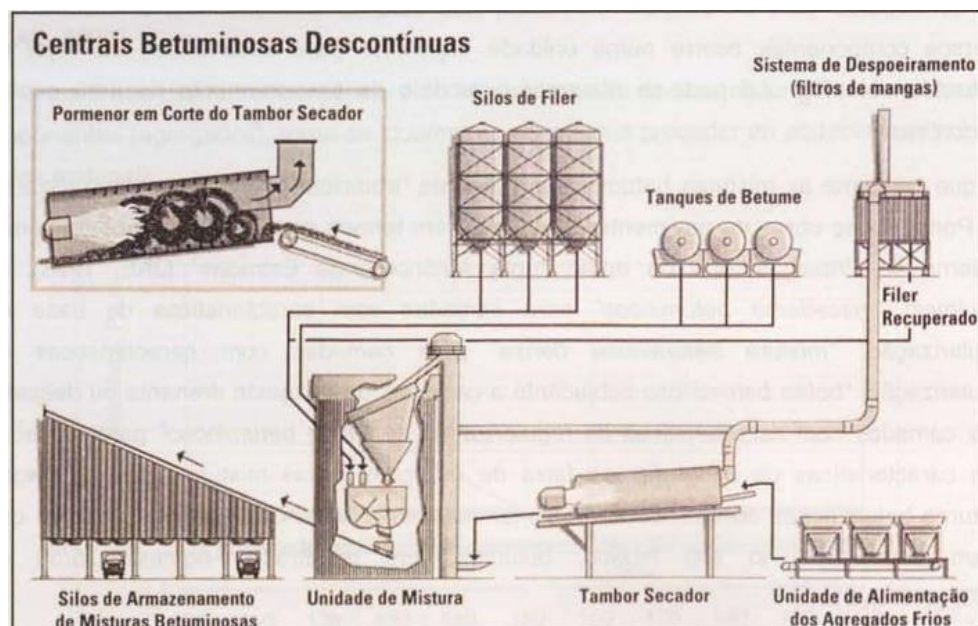


Figura 2.6: Configuração tradicional de uma central descontínua de fabrico de misturas betuminosas a quente (EAPA, 1998)

2.3.2.2 Misturas betuminosas de alto módulo

As misturas betuminosas de alto módulo possuem uma elevada resistência à deformação permanente e à fadiga, sendo assim aplicada em camadas base e regularização com espessuras entre 0,07 a 0,12m, o que pode causar problemas em caso de aplicação na camada de desgaste devido a sua rigidez, sob efeito da variação da temperatura pode sofrer fendilhamento por retração. Nesta mistura utiliza-se um betume mais duro, com penetração nominal na ordem dos 10/20, o que difere as misturas betuminosas a quente, que utilizam betumes com penetração nominal na ordem 35/50 a 50/70.

Esta técnica permite maior durabilidade do pavimento reabilitado ou até mesmo construído, devido a sua característica mecânica obtida no seu modo de produção, onde a sua viscosidade é maior que o betume utilizado em misturas convencionais. Para o fabrico de misturas betuminosas de alto módulo, utiliza-se o mesmo tipo de centrais betuminosas que para o fabrico de misturas betuminosas tradicionais, sendo durante a produção, podendo atingir a temperatura entre 170 a 190°C e 145 a 175°C para realização do espalhamento e compactação (Batista, 2005).

A mistura betuminosa de alto módulo possui uma dosagem de betume geralmente superior a 5%. As granulometrias mais correntes são 0/10, 0/14 e 0/20 e a porosidade varia entre os 3 e 5% (Branco et al, 2006).

O melhor de deformabilidade é obtido através da sua menor espessura, em relação as misturas betuminosas a quente convencionais (Batista, 2005)

A figura 2.7 apresenta uma breve diferença entre as misturas betuminosas de alto modulo e as misturas betuminosas a quente.

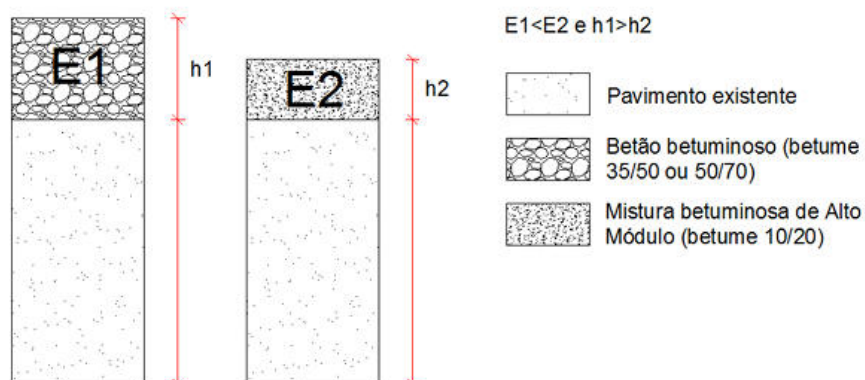


Figura 2.7: Diferenças entre misturas betuminosas a quente tradicional e a mistura betuminosa de alto modulo (Batista, 2005)

Há vantagens na redução da camada para o reforço, tais como, o emprego em construção ou apenas em camadas de reforço de estradas que exibem tráfegos agressivos e elevados e em locais que não permitem grandes espessuras, como nas autoestradas, nas estradas urbanas e periféricas, onde os condicionalismos de subidas de cotas são muito frequentes.

Podemos destacar outras vantagens (Batista, 2004):

- Redução da utilização dos recursos naturais (agregados e betumes);
- Redução do volume de transporte de materiais e consequentemente a redução de custos de transporte;
- Redução dos tempos de execução das camadas e por conseguinte, redução dos custos associados à execução da camada.

Segundo Batista (2004) estas camadas exibem módulos de deformabilidade no início da sua vida de serviço na ordem dos 10000 e 15000 MPa. Estes valores são meramente ilustrativos e em função das condições de serviço em Portugal, nomeadamente da temperatura e do tempo de carga.

A necessidade de se atingir temperaturas elevadas, quer no fabrico, que na sua aplicação em obra, constitui uma desvantagem deste tipo de mistura, com maioríssimo consumo energético, além dos problemas visíveis na colocação em obra, principalmente no inverno.

2.3.2.3 Misturas com betumes modificados com polímeros

A necessidade de melhorar as condições funcionais dos pavimentos rodoviários em Portugal, aliada a condições de conforto e segurança, se tem vindo a introduzir novas técnicas, ou seja, misturas betuminosas, com vista a obter melhores características de profundidade de textura e aderência, bem como regularidade superficial.

Pretende-se com este tipo de mistura melhorar principalmente a elasticidade e a sensibilidade à temperatura, o que conduz ao aumento da resistência à fadiga, à redução da deformação permanente e à redução da propagação de fendas na mistura. As melhorias estão relacionadas com o tipo de polímero utilizado na mistura betuminosa (Batista, 2004).

Os polímeros mais utilizados para a modificação do betume são termoplásticos, ao serem aquecidos, podem ser moldados, fundidos ou remodelados repetidamente sem sofrer alterações químicas permanentes.

Os polímeros termoplásticos dividem-se em dois grupos: os elastómeros e os plastómeros. O SBS (estireno-butadieno-estireno), o SIS (estireno-isopreno-estireno), o SB (estireno-

butadieno) e o SBR (co-polímero) são exemplos de polímeros elastoméricos termoplásticos, enquanto o EVA (etileno-vinil-acetato), o EMA (etileno-metilo-acrilato), o EBA (etileno-butilo-acrilato) e o PIB (polisobutileno) são polímeros do tipo plastoméricos termoplásticos (Azevedo, 2012).

Por hoje é notável a introdução betumes modificado com polímeros no fabrico de misturas betuminosas em camadas de desgaste, isto na reabilitação ou na construção de pavimentos rodoviários.

Devem ser fabricadas a temperatura de 160 a 180°C (JAE, 1998), devido a maior viscosidade que esta mistura apresenta, em relação as misturas tradicionais. Este polímero pode ser degradado caso a sua temperatura exceda 190°C, por isso deve se evitar a esta temperatura para minimizar a oxidação do betume (Batista, 2005).

A modificação do betume com polímeros é realizada em fábrica, sendo o betume modificado fornecido ao fabricante da mistura betuminosa. Logo, o processo de fabrico da mistura betuminosa é idêntico ao processo de fabrico de uma mistura betuminosa convencional, tendo que ser apenas resguardado que a cisterna de armazenamento do ligante está equipada com um sistema de agitação adequado para manter a homogeneidade da mistura.

Segundo o caderno de encargos da Estradas de Portugal referente ao ano 2012, o betume modificado é possível empregar, pelo menos, em misturas betuminosas drenantes, e misturas betuminosas rugosas, devendo o projeto indicar o tipo de betume a utilizar (Estradas de Portugal, 2012).

Em vias situadas em zonas urbanas, as misturas betuminosas drenantes proporcionam uma vantagem significativa, na diminuição de ruídos de rolamentos e nas condições de circulação em tempo de chuvas. Contudo, devido à passagem do tráfego e sob as acções atmosféricas, verifica-se a colmatção dos poros. Com o passar do tempo este pavimento poderá apresentar características semelhantes às de uma mistura rugosa.

As misturas betuminosas com PMB apresentam módulos de deformabilidade na ordem dos 4000 MPa e os 9000 MPa.

A percentagem de betume do betão betuminoso drenante e das misturas rugosas apresentam valores similares, compreendidos na ordem dos 4 a 6%. Já no que diz respeito à porosidade, os valores são muito distintos, sendo que o betão betuminoso drenante apresenta valores compreendidos entre 22 e 30%, enquanto as misturas betuminosas rugosas apresentam valores na ordem dos 3 a 6% (Batista, 2004; Branco et al., 2006).

As misturas betuminosas com betume modificado com polímeros apresentam genericamente o seguinte:

- Melhores características funcionais, através de uma melhoria da rugosidade e da aderência;
- Maior durabilidade e flexibilidade;
- Menos suscetibilidade térmica;
- Melhor comportamento à fadiga e/ou às deformações permanentes.

As misturas betuminosas com betume modificados com polímeros são aplicadas com o objectivo de melhorar o comportamento a fadiga e melhorar a resistência as deformações permanentes. Para além das duas misturas com betumes modificados com polímeros especificadas no caderno de encargos tipo da JAE (1998), para a camada de desgaste, a APORBET (1998), inclui também uma mistura betuminosa rugosa para camadas de maiores espessuras.

2.3.2.4 Misturas betuminosas com betumes modificados com borracha

As misturas betuminosas com betume modificado com borracha (BMB) consistem em misturas em que o betume é modificado com borracha, proveniente de pneus usados.

O betume é previamente modificado com a borracha reciclada de pneus, via húmida, antes deste se misturar com os agregados. Este processo pode ser realizado em fábrica ou numa unidade de produção localizada na central de fabrico da mistura betuminosa, sendo este último processo o mais recorrente em Portugal (Batista, 2005).

A utilização de aditivos para o melhoramento das qualidades técnicas dos betumes utilizados na pavimentação das estradas tem sido, desde há muito tempo, uma das preocupações de várias empresas do sector e de algumas agências rodoviárias, com o intuito de aumentar o período de vida útil das estradas.

Paralelamente, existe uma necessidade generalizada de limitar a utilização de recursos naturais, que conduz à necessidade de estudar, cada vez mais, a introdução de produtos reciclados na produção de novos materiais.

Actualmente, a política global da reciclagem, permite a incorporação de materiais reciclados em novos produtos, desde que as propriedades resultantes do processo, não sejam inferiores às propriedades iniciais, ou que do conjunto resulte um produto que tenha uma boa relação custo/benefício. De entre os materiais a reutilizar, os pneus têm merecido uma atenção

redobrada, uma vez que não existe uma outra forma com significado, que permita a utilização do resíduo pneu.

O comportamento dos betumes pode ser modificado mediante a adição in situ ou em fábrica de borracha moída obtida a partir da trituração de pneus fora de uso. Obtêm-se assim betumes modificados melhorados e betumes de alta viscosidade cujas propriedades podem ainda ser optimizadas mediante a adição de polímeros.

O betume modificado por adição de borracha tem como objectivo principal o de aumentar a sua viscosidade. Quando a adição é feita directamente no betume (via húmida) o resultado final é uma mistura betuminosa mais homogénea do que quando a borracha é usada num estado vulcanizado, por exemplo sob a forma de fragmentos de pneu pulverizados, e adicionada ao agregado (via seca). Neste caso a sua dispersão no betume é mais difícil, embora seja um processo mais barato de produzir as misturas betuminosas.

O betume modificado com borracha reciclada de pneu (BMB), cujo processo de fabrico está definido pela norma Americana ASTM D6114, incorpora no mínimo cerca de 18 a 20% de borracha sobre o peso total do ligante.

A modificação do betume é feita junto das centrais para o fabrico de misturas betuminosas, com equipamentos adequados para o efeito, e que deverá ser constituído essencialmente por um tanque misturador e um tanque de reacção em número adequado à produção da central betuminosa. A introdução do granulado de borracha no betume quente, faz com que a borracha reaja, e, ao mesmo tempo, absorva e fixe os maltenos que constituem uma das fracções voláteis e aromáticas do betume.

A fixação deste constituinte do betume, permite obter um significativo aumento da resistência ao envelhecimento nas misturas betuminosas com BMB, comparativamente com as misturas betuminosas convencionais, onde os maltenos se perdem no tempo por acção dos raios UV. Este facto permite obter uma melhoria das propriedades do betume e da mistura betuminosa no tempo, ou seja, uma maior durabilidade do pavimento.

Do mesmo modo, a incorporação de granulado de borracha no betume, permite obter um ligante betuminoso com excelentes propriedades elastómeras, nomeadamente, grande viscosidade a altas temperaturas, e uma boa flexibilidade a baixas temperaturas. Os BMB empregam-se em misturas betuminosas a quente, conduzindo a misturas com características reológicas e funcionais melhoradas, com maior resistência ao envelhecimento, às deformações permanentes e ao fendilhamento por fadiga, que permitem reduzir o ruído de rolamento.

Para se poder ter uma ordem de grandeza da quantidade de borracha reciclada que se utiliza no BMB, convém referir que numa estrada comum se utiliza o equivalente a cerca de um pneu por cada metro quadrado de estrada, ou seja 4000 pneus por quilómetro.

Todos os anos são produzidos cerca de 2.542.640 toneladas de pneus usados em vários países da união Europeia como se pode observar na tabela 2.3. Os resíduos de pneus constituem não só na Europa mais em todos os países do mundo um desafio muito difícil, dada as suas particularidades de durabilidade (cerca de 600 anos), quantidade, volume e peso, e principalmente a grande dificuldade de lhe proporcionar um bom destino ecológico e viável.

Tabela 2.3: Acumulação anual de pneus usados nos países da união Europeia (Oda e Júnior, 2001)

Country	Used Tyres	Population
Netherlands	65.000	15.492.800
Belgium	70.000	10.143.000
Spain	330.000	39.241.900
England	400.000	58.684.000
Italy	360.000	57.330.500
Austria	41.000	8.045.800
Greece	58.500	10.474.600
Portugal	45.000	9.920.800
France	380.000	58.625.400
Sweden	65.000	8.737.500
Gernany	650.000	81.845.000
Total	2.542.640	372.552.900

Distinguem-se basicamente três famílias de betumes modificados com borracha (BMB): os betumes de alta percentagem de borracha (superior a 18% em relação à massa total de ligante), BMBA, os de média percentagem de borracha (entre 8 e 15%), BMBM, os betumes designados como de baixa percentagem de borracha (inferior a 8%), BMBB.

A mistura betuminosa rugosa com betume modificado com borracha (MBR-BMB) destina-se a ser aplicada em camada de base, regularização ou desgaste, podendo ter funções estruturais e/ou funcionais (atrito e redução de ruído), no caso das camadas de desgaste. Trata-se de uma mistura que, quando aplicada sobre camadas fissuradas contribui para retardar a propagação de fissuras, assegurando uma adequada textura superficial quando

aplicada em camada de desgaste e uma boa resistência ao envelhecimento derivada das altas incorporações de ligante que apresenta. As espessuras habituais de aplicação desta mistura variam entre 30 e 60 mm [LNEC, 2007].

Segundo Azevedo (2012) os betumes modificados com borracha de pneus podem ser de três tipos:

- De baixa percentagem de granulado de borracha (BBB) – resulta num betume de baixa viscosidade (inferior a 10% em relação à massa total do ligante);
- De média percentagem de granulado de borracha (BBM) – resulta num betume de média viscosidade (10 a 15% em relação à massa total do ligante);
- De alta percentagem de granulado de borracha (BBA) – resulta num betume de alta viscosidade (superior a 18% em relação à massa total de ligante).

O betume modificado de borracha de baixa e média percentagem é produzido em fábrica, já o betume de alta percentagem de granulado é produzido in situ, no estaleiro, na altura de fabrico das misturas betuminosas, por este não ser estável ao armazenamento (Estradas de Portugal, 2012).

A mistura betuminosa aberta com betume modificado com borracha (MBA-BMB) destina-se a ser aplicada em camada de desgaste de pavimentos, com objectivos essencialmente funcionais (atrito, redução de ruído e projecção de água), embora o seu elevado teor em ligante lhe confira uma boa resistência à propagação de fissuras o que poderá proporcionar uma aplicação como camada intermédia, anti propagação de fendas, num sistema multicamadas. As espessuras habituais de aplicação desta mistura situam-se entre os 20 e os 40 mm [LNEC, 2007].

Na tabela 2.4 resumem-se as principais características apresentadas no documento de homologação das misturas MBR-BMB e MBA-BMB.

Tabela 2.4: Principais características das misturas MBR-BMB e MBA-BMB (Antunes et al, 2006)

Mistura	Dimensão máxima do agregado (mm)	Ligante	Percentagem de BMB relativa à massa total da mistura (%)	Porosidade da mistura (%)
MBR-BMB	12,5	BMB com 20 a 22% de borracha	8-9	4,5-6,5
MBA-BMB	10	BMB com 20 a 22% de borracha	9,5-10,5	10-15

Actualmente as misturas betuminosas com BMB empregam-se na conservação e reabilitação funcional e estrutural de pavimentos degradados com o objectivo, do ponto de vista estrutural, de:

- Melhorar a resistência ao fendilhamento;
- Retardar reflexão de fendas;
- Aumentar a vida à fadiga;
- Melhorar a resistência às deformações permanentes e formação de rodeias.

Do ponto de vista funcional as misturas betuminosas com BMB são empregues com o seguinte objectivo:

- Reduzir o ruído de circulação, com reduções de ruído a rondar os 5db a 6db;
- Reduzir o efeito da projecção da água;
- Aumentar aderência pneu/pavimento (observando uma diminuição de distâncias de travagem que pode atingir cerca de 25%);
- Melhorar as características óptica da via, aumentando o contraste com as marcações horizontais;
- Reduzir o fendilhamento, por fadiga e por reflexão, e consequência a irregularidade e a deformação;

A utilização de BMB tem diversas vantagens, tais como:

- Elevada resistência à propagação de fendas;
- Elevada flexibilidade dos pavimentos;
- Redução dos custos de manutenção dos pavimentos;
- Aumento do atrito de contacto pneu/pavimento;
- Redução do ruído de circulação;
- Reciclagem, redução e reutilização do resíduo pneu.

Estas vantagens resultam directamente da adição da borracha e da maior percentagem de ligante que este tipo de misturas betuminosas apresenta (cerca de 9% em peso), face às misturas tradicionais (cerca de 5% em peso) [RECIPAV, 2007].

A utilização da Mistura Betuminosa com Betume Modificado com borracha, também apresentam desvantagens e limitações. Segundo vários autores, como Zanzotto et al. (1996), Caltrans (2006), Vicente (2006) e Recipav (2007), a utilização de BMB apresenta algumas desvantagens, das quais salientam-se as seguintes:

- a) O custo inicial da MB-BMB ser superior quando comparado com o custo das misturas convencionais;
- b) Os custos de mobilização de equipamentos para a produção de BMB, que em projectos grandes este custo pode ser distribuído pela tonelagem de forma que o preço unitário possa ser compensado pelo aumento da vida útil, pelo baixo custo de manutenção e pela espessura reduzida. Para pequenos projectos, o custo de mobilização é o mesmo, resultando num aumento do preço unitário por tonelada que é mais difícil de ser compensado;
- c) A construção pode ser mais desafiante, pois os requisitos de temperatura são mais críticos. A compactação deve ser efectuada a temperaturas superiores às das misturas convencionais, pois tal como nos polímeros, a borracha endurece os ligantes a altas temperaturas. As misturas fechadas podem ser mais resistentes à compactação, devido à natureza da estrutura dos agregados;
- d) Os potenciais odores e os problemas de qualidade do ar;
- e) As MB-BMB são muitas vezes difíceis de trabalhar por causa da maior rigidez do ligante e das graduações das misturas;
- f) Se a obra for adiada num período superior a 48 horas após a mistura do BMB, alguns ligantes podem não ser utilizáveis, uma vez que o granulado de borracha foi digerido a tal ponto que não é possível atingir a viscosidade mínima especificada, mesmo que seja adicionado mais granulado de borracha, em conformidade com os limites especificados;
- g) Em lugares remotos, os agregados a quente e/ou pré-aquecidos podem não estar disponíveis, pois pode não haver uma central de mistura a quente a uma distância razoável do local de trabalho;
- h) A maior complexidade a nível da central betuminosa devida à introdução de mais um material (borracha) e ao aumento da temperatura de funcionamento da central betuminosa;
- i) Existir o pagamento de alguns direitos de autor para uso de processos patenteados.

Em termos de macro e microtextura superficial, as misturas com BMB situam-se entre as misturas rugosas e as misturas drenantes, o que proporciona um excelente comportamento em termos da redução do ruído de circulação, aumento do atrito e, em resumo, do conforto e segurança do utente.

Tendo presente que a incorporação da borracha reciclada de pneus na pavimentação de estradas constitui uma mais valia técnica em relação ao betume, considerado isoladamente, e que a sua incorporação na pavimentação de estradas proporciona uma boa relação custo/benefício, pensa-se que está verificado um dos pilares base da Política Global da

Reciclagem. Como tal, a sua utilização em larga escala fará cada vez mais sentido, bastando para tal que os Donos de Obra estejam receptivos e promovam a sua adopção.

Face às exigentes metas de valorização de resíduos é importante que cada país que usa Betume Modificado com Borracha, estabeleça normas ambientais, a utilização de borracha reciclada de pneus na pavimentação de estradas será a única forma viável para fazer cumprir o especificado.

Segundo alguns organismos rodoviários a forma de aplicação de BMB com melhor aproveitamento é em misturas a quente com granulometria descontínua. No entanto, podem ocorrer problemas de estabilidade neste tipo de camadas para espessuras superiores a 60 mm.

A figura 2.8 apresenta o aspecto de uma amostra de borracha moída reciclada de pneus utilizada numa obra em Portugal (Antunes et al, 2001c).



Figura 2.8: Borracha moída reciclada de pneu (Antunes et al, 2001c)

2.3.2.5 Misturas betuminosas a frio (com emulsão betuminosa)

No processo que corresponde ao fabrico de mistura betuminosas a frio, o ligante é uma emulsão betuminosa que serve de componente principal na mistura com o agregado. A mistura ocorre a temperatura ambiente, com a redução da viscosidade do betume, emulsionando-a com a água, fabricando emulsão betuminosa (Batista, 2004).

Para reparação rápida de pavimentos, a mistura betuminosa a frio com emulsão betuminosa é uma solução adequada, espalhada, compactada e armazenada à temperatura ambiente, um processo rápido e de baixo custo energético, agregados, água, eventualmente pó mineral e aditivos com consistência adequada para colocação em obra, geralmente em espessura muito pequena, não ultrapassando 1,5 cm, para melhoria de textura superficial e a resistência

ao deslizamento. O tempo de vida útil do pavimento é garantido, melhorando não só a textura, como também a impermeabilização e a segurança da estrada como mostra a figura 2.9.



Figura 2.9: Aplicação de microaglomerado betuminoso a frio (adaptado de Go Green 2012)

A perda da textura superficial é conseguida com a integração dos microaglomerados a frio, corrigem os pavimentos com falta de atrito. A mistura passa do misturador para a grade de espalhamento, que se desloca sobre a superfície a tratar, e que deverá ser munida de um dispositivo que reparta uniformemente a mistura a frio.

Esta mistura pode ser produzida a partir de aglomerados novos ou até mesmo agregados obtidos da fresagem da camada superior de pavimentos existente, ou seja, mistura reciclada a frio. No que concerne à formulação de misturas densas a frio, os métodos seguidos em diversos países, apresentam os mesmos objectivos: Determinar a proporção óptima dos materiais constituintes (misturas de agregados + emulsão betuminosa + outros aditivos), por forma a se obter uma boa trabalhabilidade da mistura betuminosa durante o fabrico e aplicação da camada, bem como uma adequada estabilidade e comportamento mecânico durante a vida útil do pavimento reabilitado (Antunes et al, 2000c; Baptista e Antunes 2002).

No atual Caderno de Encargo Tipo da JAE (1998) preconiza-se a realização do ensaio sobre a mistura dos agregados, para determinação do teor em líquidos para fins de compactação, bem como para estabelecimento da baridade de referência a utilizar no controlo de compactação das camadas. Ao teor em água óptimo determinado por esta via, deve ser posteriormente subtraído o valor correspondente à contribuição da emulsão betuminosa (igual à quantidade de água contida na emulsão), no caso de emulsões catiónicas.

2.3.2.6 Técnicas anti- reflexão de fendas

Os mecanismos de ruína suscetível de ocorrer nos pavimentos rodoviários, tais como, fendilhamento por fadiga da camada betuminosa e deformações permanentes no solo de fundação, deve –se ter em conta o fenómeno de propagação de fendas existente nas camadas adjacentes às novas camadas betuminosas de reforço.

A reflexão de fendas consiste na propagação de fendas entre a camada existente e a camada nova. Quando a base do reforço atinge valores de tensão superiores aos admissíveis, inicia-se a propagação de fendas. Normalmente as fendas que surgem na camada de reforço são o “espelho” das fendas da camada existente, por estas serem idênticas às fendas existentes no pavimento antigo (Branco et al., 2006).

O surgimento de fendas à superfície tem consequências que afetam a resistência e a durabilidade do pavimento, contribuindo significativamente para a sua ruína estrutural. Algumas das consequências provenientes do aparecimento de fendas são referenciadas de seguida (Quaresma, 1992):

- As fendas superficiais permitem a infiltração de água para o interior do pavimento, e, se a água atingir o solo de fundação, este perderá coesão aumentando as deformações permanentes do pavimento;
- O nível de tensão instalado nas camadas subjacentes às camadas fendilhadas é maior, devido à menor repartição das tensões provocadas pelos rodados dos veículos;
- A combinação das acções atmosféricas e dos esforços provocados pelos rodados dos veículos aumentam a probabilidade do aparecimento de degradações.

A reflexão de fendas é uma grande condicionante na escolha da técnica de reabilitação e no dimensionamento dos reforços. Dado que um reforço que não tenha em consideração esta problemática detém de uma elevada probabilidade de vir a sofrer uma degradação prematura e uma redução da sua vida útil prevista.

As soluções para evitar a degradação prematura dos reforços passam pelo aumento da espessura do reforço, aplicação de uma técnica anti propagação de fendas, ou eliminação das fendas por fresagem ou reciclagem.

Na figura 2.10 expressa a primeira abordagem, e à fresagem das camadas fendilhadas, para reposição de novas camadas betuminosas. O material fresado pode também ser reciclado para posterior colocação em obra, com a adição de novo betume e, se necessário, com a devida correção da granulometria (Benta, 2012).

Na segunda abordagem trata dos métodos:

- Camadas de pequena espessura de argamassa betuminosa com betume modificado (SAMI – Stress Absorbing Membrane Interlayer);
- Uso de camadas de reforço mais espessas;
- Uso de misturas mais resistentes à propagação de fendas (Por exemplo: betão modificado com borracha);
- Grelhas (Figura 2.11);
- Armaduras;
- Geotêxtis (Figura 2.12).

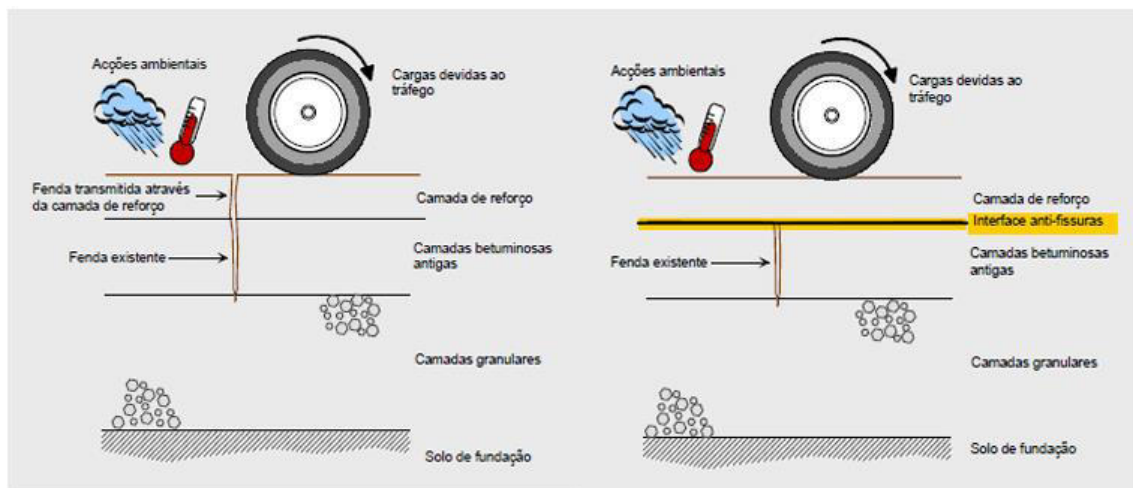


Figura 2.10: Esquema de propagação de fendas e o sistema anti reflexão de fendas (Batista, 2005)

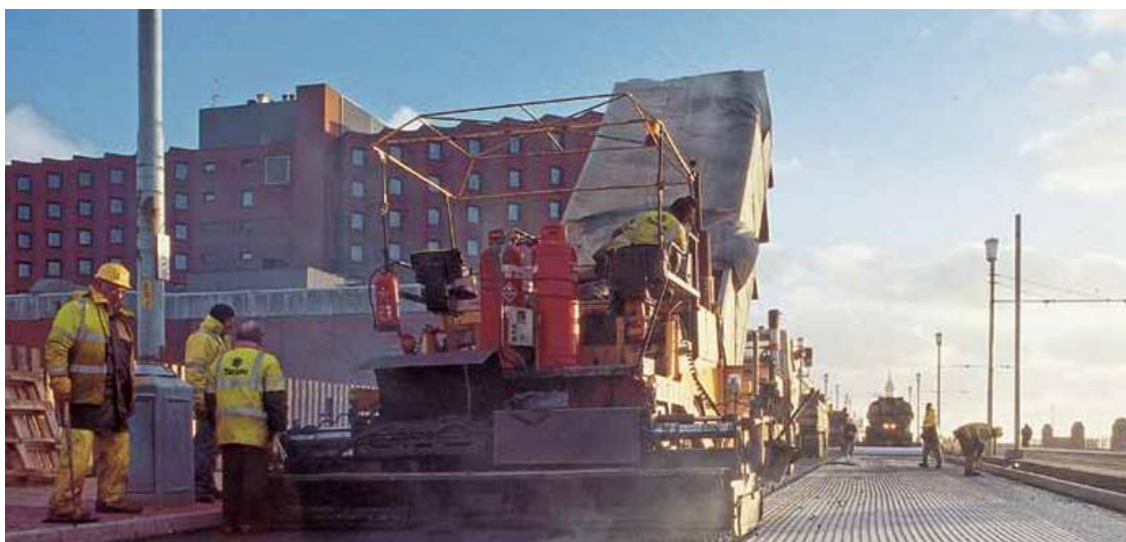


Figura 2.11: Aplicação de grelhas para o controlo a formação de fissuras no asfalto (Pavimentos asfálticos, Tensar)



Figura 2.12: Aplicação mecânica do geotêxtil impregnado com emulsão betuminosa (Pavimentos asfálticos, Tensar)

2.3.3 Reciclagem de pavimentos

Em grande medida devido ao grande esforço que se tem feito no país, em construção de estradas, bem como a grande necessidade na preservação do ambiente e a necessidade cada vez mais da preservação dos resíduos e reutilização dos mesmos, adopta-se a

reciclagem. A reciclagem de pavimentos rodoviários flexíveis tem como objetivo reduzir o impacto ambiental e diminuir a utilização de novos recursos (agregados e ligante).

Não é necessário criar vazadouro para a deposição do material, uma vez que as misturas fresadas são recuperadas para novas misturas, logo há diminuição de resíduos. Esta técnica permite o pouco desperdício do material do pavimento existente, elimina todas as patologias do pavimento existente e a construção do pavimento novo com poucos gastos de recursos.

Desta forma é possível reduzir custos económicos e danos ambientais, não sendo necessário acumular os materiais fresados e reduzindo a quantidade de novos agregados e ligantes betuminosas.

No entanto, em vez de o material fresado ir parar em aterros ou outros locais de depósito de materiais, este é aproveitado parcialmente ou na totalidade, voltando a ser utilizado no pavimento reabilitado, constituindo um ciclo fechado.

Um pavimento sustentável pode ser definido como sendo seguro, eficiente, económico, ambientalmente amigável e adaptado às necessidades das gerações atuais sem comprometer as das gerações futuras (Alkins et al., 2008).

Segundo Alkins et al. (2008) e Byrne (2005), os principais critérios para um pavimento ser considerado sustentável são:

- Otimização do uso de recursos naturais;
- Redução do consumo energético;
- Redução das emissões de gases de efeitos de estufa;
- Limitação da poluição;
- Melhoria da saúde, segurança e prevenção de riscos;
- Garantia de um elevado nível de conforto e segurança ao utilizador da estrada.

Estes critérios proporcionam ao homem:

1. Benefícios socioeconómico;
2. Benefícios ambientais;
3. Benefícios de desempenho.

A reciclagem oferece uma grande vantagem, pelo facto de não ser transportado de uma central para a obra, logo é tudo preparado no local da obra, evitando gastos económicos e mantendo o ambiente sustentável. Algumas das vantagens deste processo são (Martinho, 2005):

- Evita transporte de material fresado;
- Reduz degradação dos pavimentos adjacentes ao local da obra;
- Consumos energéticos mais baixos;
- Tempo de execução mais baixo;
- Maior economia.

A reciclagem pode ser feita também em central, o que difere da reciclagem in situ, pelo facto de ser transportado o material fresado para central e o seu retorno a obra, isto acarreta custos adicional, que está relacionado com o transporte de material (obra-central-obra). Tirando este custo, é compensado com a qualidade e fiabilidade da mistura (Branco et al, 2005).

Existem outras técnicas, estando sujeitas a aprovação (Estradas de Portugal, 2012).

A tabela 2.5 mostra as técnicas atualmente utilizadas em Portugal.

Tabela 2.5: Principais técnicas de reciclagem (Santos, 2009)

Tipo de Reciclagem	Local de Mistura	
	<i>In situ</i>	Central
Reciclagem a quente	x	x
Reciclagem semi-quente	-	x
Reciclagem a frio com cimento	x	-
Reciclagem com betume-espuma	x	x
Reciclagem com emulsão betuminosa	x	x

Seguidamente serão descritas algumas técnicas de reciclagem de materiais fresados de pavimentos flexíveis, que têm vindo a ser utilizadas no nosso país, assim como outras técnicas não tão frequentes.

2.3.3.1 Misturas betuminosas recicladas a quente em central

Na reciclagem a quente em central começa com a remoção do pavimento por intermédio de uma fresadora, ou a retirada da camada superficial, total ou parcial através de um outro equipamento com capacidade para tal, são levados para central onde são reciclados.

Os agregados, betumes novos e os materiais fresados de pavimentos antigos degradados, são os principais constituintes deste tipo de mistura, outro aspecto relevante tem haver com o sistema adoptado para o aquecimento das misturas retiradas do pavimento. Em função do processo adoptado para o aquecimento deste material, assim serão as percentagens permitidas para incorporar no fabrico das misturas betuminosas a quente (Batista, 2004).

De maneira análoga as misturas betuminosas a quente convencionais, o fabrico é realizado em centrais fixa, sendo, no entanto, necessário introduzir algumas modificações às referidas centrais de forma a adapta-la para o efeito.

Pelo facto do material fresado a reciclar (agregados e betume), serem envelhecido, há limitações das quantidades a reciclar, que requer cuidados especiais durante o aquecimento, em particular, no que diz respeito a temperatura empregue, com valores de referências a serem respeitados de forma a não se propiciar mais o envelhecimento do betume já por si envelhecido.

As centrais de produção a quente de misturas betuminosas encontram-se divididas em centrais contínuas e centrais descontínuas. Nas centrais contínuas, normalmente a secagem e aquecimento dos agregados ocorre no mesmo tambor (tambor secador-misturador), enquanto, que nas centrais descontínuas os agregados passam primeiro pelo tambor secador e depois são encaminhados para o misturador.

De um modo resumido, as centrais contínuas ou de tambor secador, as misturas betuminosas a reciclar são, após processamento, introduzidas na zona central do tambor secador-misturador, onde são protegidas da chama do queimador. O aquecimento das misturas betuminosas fresadas, é feito quer por gases de combustão quentes, quer pelo contacto com agregados sobreaquecidos a incorporar na mistura betuminosa (Batista, 2004).

Nas centrais betuminosas descontínuas, implica que o material a reciclar tenha sido britado antes de qualquer procedimento posterior (Azevedo e Cardoso, 2003).

Nas centrais descontínuas, uma das formas mais simples de se adaptarem as instalações ao fabrico de misturas incorporando materiais fresados, é introduzir o material reciclado directamente no misturador. Neste caso, o aquecimento e a desidratação das misturas betuminosas fresadas são feitos através do contacto com novos agregados sobreaquecido (Batista, 2004).

A figura 2.13 retrata o processo de reciclagem a quente em central e a sua aplicação no pavimento realizado.



Figura 2.13: Esquema do processo de reciclagem a quente em central (Baptista, 2006)

No caso das centrais contínuas, estas permitem incorporar de 10 a 50% do material a reciclar, enquanto que nas centrais descontínuas, permitem um valor entre 10 a 70% (Batista, 2004).

Uma das principais vantagens é a economia nos materiais, no caso principal do betume, visto que provém do petróleo e é o componente mais caro, e esta técnica reduz a quantidade de betume adicionado segundo (Branco et al., 2005).

Outras vantagens (Azevedo, 2004):

- A reciclagem assegura-se uma técnica interessante para o tratamento de pavimentos com problemas de fendilhamento, irregularidade ou outro tipo de patologias;
- É uma solução económica, relativamente às soluções tradicionais de reforço do pavimento;
- Apresenta vantagem no ponto de vista ecológico e de proteção do meio ambiente, ao não ser necessário recorrer a vazadouro e a extração de agregados novos, e no caso da reciclagem a frio não aplicar calor às misturas betuminosas do pavimento (consumo de energia e emissão de voláteis);
- Dota o pavimento de características estruturais muito elevadas, da mesma ordem de grandeza das misturas betuminosas tradicionais pelo que pode ser aplicada em pavimentos sujeito a tráfegos pesados importantes.

Afigura-se que devem ser melhorados os seguintes aspectos:

- Definição de estudos e ensaios de formulação e de controlo das características dos materiais;
- Conhecimento do comportamento dos materiais reciclados e a sua evolução no tempo (característica resistente e previsões de durabilidade).

Vários trabalhos de reabilitação de pavimentos foram feitos dentro do território Português, utilizando materiais fresados, é o caso da obra realizada na EN 105, em cerca de 16Km, entre Travagem e Santo Tirso entre 1999 a 2000, no âmbito da reabilitação do troço, em que se procedeu o reforço do mesmo pavimento com uma camada de regularização em mistura betuminosa a quente, fabricada em central, incorporando materiais betuminosos fresados (provenientes da fresagem das camadas superiores do pavimento existente num troço da EN 14 situado naquela zona) (Antunes et al, 2000).

2.3.3.2 Misturas betuminosas recicladas in situ a frio com emulsão betuminosa

Esta técnica caracteriza-se pelo ligante utilizado, a emulsão betuminosa, e tem como principal restrição o elevado tempo de cura e suscetibilidade às condições meteorológicas.

A mistura composta por material fresado, emulsão betuminosa e água, são efetuadas por uma fresa-misturadora. O tempo de cura pode estar compreendido entre as duas a três semanas, durante o qual não é permitido executar outras camadas (Nunes, 2008).

A mistura final é utilizada geralmente como camada de base, sendo revestida com uma camada superior betuminosa. A camada com emulsão betuminosa apresenta uma espessura da ordem de 0,075 a 0,1m (Nunes, 2008), podendo atingir os 0,12 a 0,15m (Azevedo, 2009a).

As condições atmosféricas em que o processo é dependente e os custos económico constituem uma desvantagem desta técnica, ou seja, esta técnica deve ser feita em tempo seco para permitir que a rotura da emulsão ocorra rapidamente. As vantagens são a capacidade de eliminar as fendas, impedindo a sua propagação e a manutenção da cota do pavimento (Nunes, 2008).

Quanto ao processo construtivo, este consiste basicamente na passagem do comboio, com a máquina recicladora e cisternas com emulsão e água, fresando as camadas pretendidas ao mesmo tempo que se adiciona ao material o ligante e a quantidade de água necessária para uma adequada compactação como mostra a figura 2.14. De seguida há o espalhamento e nivelamento e por fim a compactação da camada (Nunes, 2008).

Este tipo de reciclagem visa sobretudo recuperar camadas de desgaste envelhecidas em pavimentos com valor estrutural adequado às condições de tráfego, abrangendo regra geral a espessura da camada de desgaste, acrescida de 3Cm de forma a englobar a interface com a camada adjacente, que seria seriamente afetada pela violenta operação de fresagem. Não excedendo a espessura total de 15Cm (Santos et al., 2008).

A reciclagem “in situ” a frio com emulsão betuminosa permite alcançar módulos de deformabilidade de 2000 a 5000 MPa em função dos materiais fresados incluídos na mistura, da quantidade de emulsão betuminosa utilizada e da temperatura da mistura (Cunha, 2010).

Caso se pretenda manter a cota inicial do pavimento, pode ser retirada uma parte do material fresado, equivalente à espessura da camada de desgaste. Isto permite que o processo seja utilizado em faixas com várias vias, sem que o nível do pavimento seja alterado e sem impedir a circulação dos utilizadores pelas outras vias, ideal para aplicar em reabilitações de vias da direita ou vias de lentos (Branco et al., 2008).

Segundo o Caderno de Encargos de estradas de Portugal referente ao ano 2012, as espessuras recomendadas das camadas tratadas com esta técnica é da ordem dos 6 a 12 Cm, podendo serem superiores desde que devidamente justificadas.

O processo construtivo desta técnica engloba de uma forma genérica as seguintes etapas:

- Espalhamento de material corretivo, caso este seja necessário;
- Passagem da máquina recicladora juntamente com as cisternas de água e de emulsão betuminosa;
- Compactação da mistura.

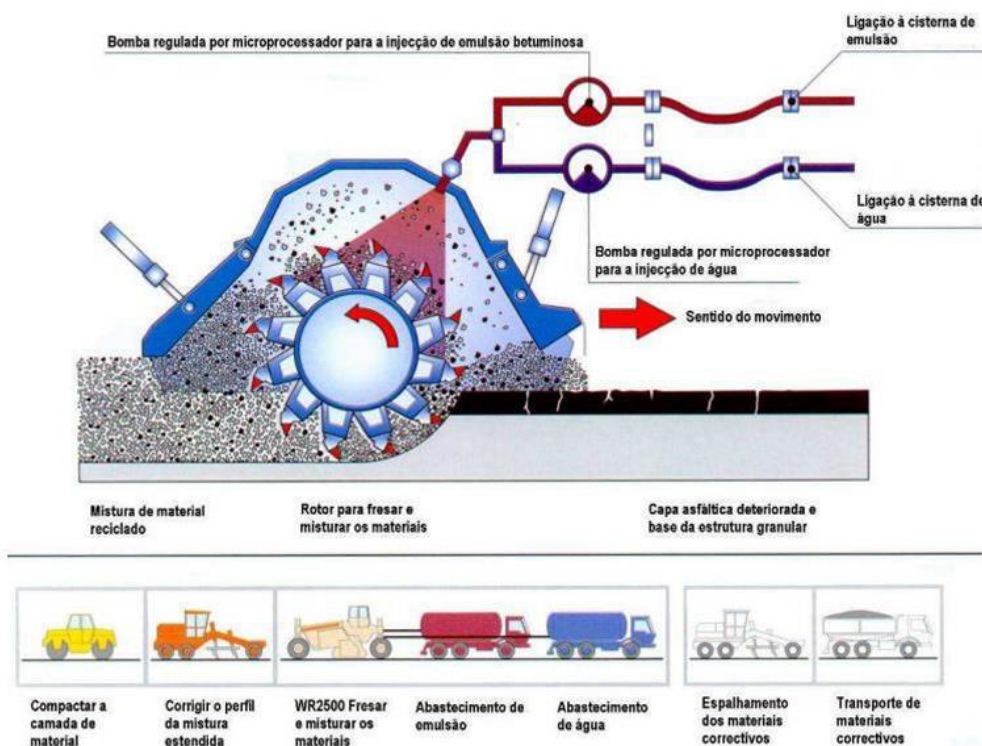


Figura 2.14: Esquema de operação de reciclagem in situ a frio com emulsão betuminosa (Batista, 2009 – imagens wirtgen)

2.3.3.3 Misturas betuminosas recicladas in situ a frio com espuma de betume

Para esta técnica de reabilitação, utiliza-se como ligante a espuma de betume, reciclado in situ, produto é produzido através da adição de pequenas quantidades de água, geralmente da ordem de 2 a 3% da massa de betume, ao betume quente temperatura entre os 160 e 180°C (Fröbel, 2002), como está representada esquematicamente na figura 2.15. Formando espuma quando o betume entra em contacto com a água, sendo o seu volume 20 a 30 vezes superior ao seu volume inicial do betume, este processo reduz a sua viscosidade e aumenta a superfície específica do betume (Batista, 2005).

Esta técnica de reciclagem é considerada frio, dado que, quer a mistura de todos os componentes, espuma de betume, material fresado, eventual material corretivo, quer aplicação e compactação da mistura são efetuados a temperatura ambiente, como esta ilustrada na figura 2.16, apesar do aquecimento necessário para a produção de espuma de betume.

A espuma envolve os finos formando uma espécie de argamassa, que aglutina o material reciclado.

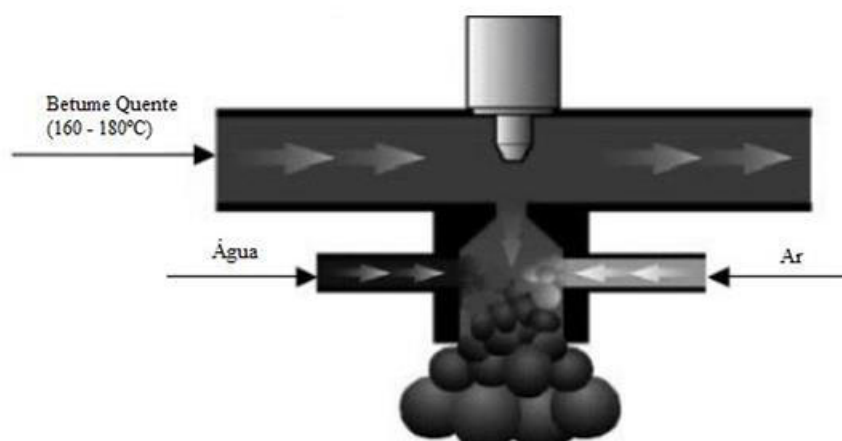


Figura 2.15: Processo de obtenção do betume espuma (traduzido e adaptado de Wirtgen, 2001)

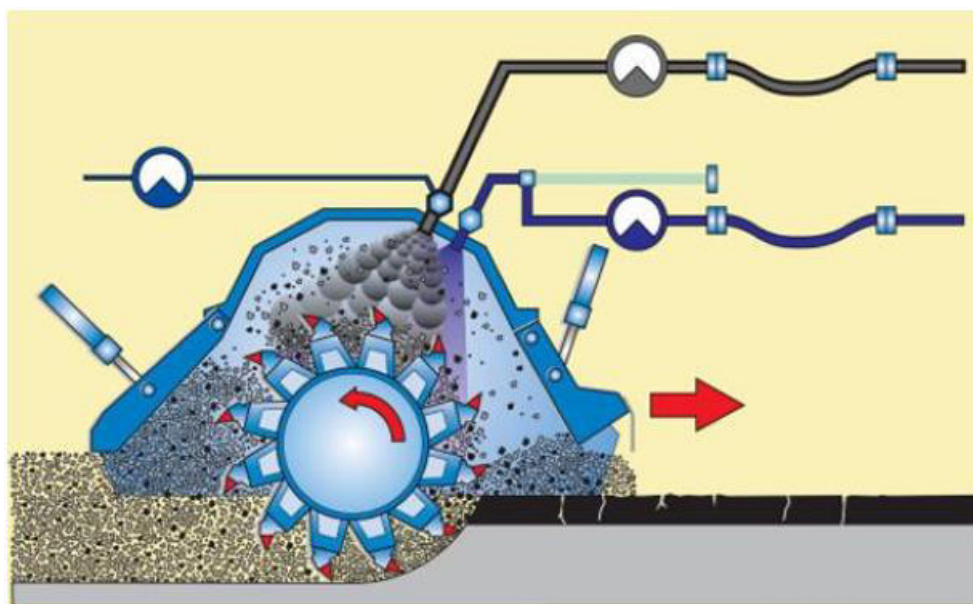


Figura 2.16: Procedimento da reciclagem a frio in situ com betume-espuma (Wirtgen, 2012)

Esta técnica de reabilitação foi aplicada em Portugal, num troço urbano da cidade do porto em 2002 pela primeira vez, 1200m foi a extensão total do troço reabilitado. Composição incluía 20Cm de camada base granular em agregado britado de granulometria extensa (ABGE) e um revestimento betuminoso em semipenetração com cerca de 10Cm (Teixeira et al, 2003).

Para que a cura seja completa, recomenda-se que apenas seja aplicado o revestimento betuminosos após 15 dias da reciclagem, para que haja uma evaporação completa da água utilizada na execução da camada. Não sendo possível, pode optar-se por aplicar um revestimento superficial duplo e assim permitir a abertura imediata ao tráfego (Ribeiro, 2003).

2.3.3.4 Misturas betuminosas recicladas in situ a frio com cimento

A técnica de reabilitação de misturas betuminosas in situ a frio hoje já é utilizada em Portugal em estradas com um volume de tráfego elevado, sendo que anteriormente utilizava-se em estradas de baixo volume de tráfego (Gomes, 2005).

Utilizando equipamentos apropriado no processo de fresagem, de camadas de pavimentos antigo, adicionando cimento e água para formar uma nova mistura, em alguns casos adicionando agregados novos para corrigir a composição granulométrica.

Na reciclagem com cimento, existem duas formas distintas de se adicionarem o cimento e a água necessária para a sua hidratação:

- Se adiciona o material fresado, o cimento e a água por separado;
- Juntam-se previamente o cimento e a água, injetando-se de seguida a calda assim formada ao material fresado.

Todo material fresado deve estar isento de qualquer matéria orgânica e de outros produtos que possam comprometer a presa do cimento. A tabela 2.6 mostra o requisito que o material fresado deve cumprir.

Tabela 2.6 propriedades do material fresado (Estradas de Portugal, 2012)

Propriedades	Valores
Limite de liquidez	< 35
Índice de Plasticidade	≤ 15
Dimensão máxima	< 80 mm
Percentagem de material passada no peneiro 4 mm	> 30%

Esta técnica consiste no reforço do pavimento, em que se utiliza na totalidade ou parcialmente, os materiais resultantes da fresagem, segundo o caderno de encargo da (EP, 2012).

A reciclagem in situ a frio com cimento tem sido uma técnica muito económico, para pavimento com elevada espessura de material granular. O resultado final é do tipo agregado de granulometria extensa tratado com cimento (AGEC), este tipo de mistura apresenta uma resistência bastante elevada comparativamente às camadas existentes no pavimento antigo (Branco et al., 2006).

Hoje em dia já é possível a aplicação da reciclagem in situ a frio com cimento em camadas inferiores a 20cm, quando haja justificação adequada, sendo que o ideal está na ordem entre 20 a 30cm.

Segundo (Azevedo, 2009a), a percentagem de cimento, em relação à massa total da mistura reciclada seca é no mínimo 3,5%. A classe de resistência média do cimento deverá rondar os 32,5MPa. Cimentos de classe superior só devem ser utilizados em casos especiais (baixas temperaturas) (Cunha, 2010).

Pelo facto de apresentarem maiores resistência a compressão, maiores módulos de deformidade, constitui uma das grandes vantagens da técnica de reciclagem in situ com

cimento, por outro lado a desvantagem é pelo facto de ser propício a retração. É preferível utilizarem-se quantidades superiores de cimento de classe inferior, pois consegue-se maior trabalhabilidade, diminui-se a libertação de calor e hidratação e limitam-se os efeitos de fissuração por retração.

A temperatura e a variação da humidade são fatores que influenciam no processo de cura de misturas com cimento. Porém quanto maior for o período em que se impede a saída de água da camada com cimento, maior será a sua resistência, bem como, a sua durabilidade (Quaresma, 1992).

Esta técnica utiliza-se o comboio de reciclagem, constituído por vários equipamentos, numa primeira fase através da máquina recicladora é fresada a camada a tratar, sendo que a mesma tem capacidade para tratar até uma espessura de 0,3m numa única passagem. Num tambor da máquina é produzida a mistura homogénea com a granulometria pretendida através da adição de água e ligantes. Após produzida a nova mistura, esta é espalhada pelos bicos de aspersão até atingir a cota pretendida. O comboio de reciclagem que consiste na junção dos vários equipamentos que realizam sequencialmente as várias etapas, necessárias à execução da reciclagem da camada (incluindo a compactação final (Cunha, 2010)). Na figura 2.17 apresenta alguns dos constituintes de recicladoras, neste caso específico da Wirtgen, é um exemplo de comboio de reciclagem.



Figura 2.17: Alguns constituintes das máquinas recicladoras e comboio de reciclagem

a) Recicladora de rodas Wirtgen WR2400, b) Cilindro de corte da recicladora, c) Mesa de pavimentação da recicladora de rastros Wirtgen 2200 CR, d) Comboio de reciclagem (Wirtgen, 2012)

2.3.3.5 Outras técnicas de reciclagem de pavimentos flexíveis

Outros factores são determinantes, fazendo a diferença entre as diferentes técnicas de reciclagens, onde o local em que decorre os trabalhos e o tipo de ligante utilizado, criam uma modificação em relação as técnicas apresentadas anteriormente.

a) Reciclagem semi-quente em central

O seu processo de reciclagem ocorre a partir do aquecimento na ordem dos 90°C, do material fresado proveniente das camadas betuminosas de pavimentos antigo, adicionando uma emulsão de betume modificado, com cerca de 62% de ligante residual.

Uma das obras de realce envolvendo esta técnica em Portugal é a reabilitação do pavimento da estrada nacional que liga ponte de Sor a Gavião, distrito de Portalegre (Cordeiro, 2009). Uma técnica não muito utilizada em Portugal, sendo a de Portalegre a que mais se destaca ao longo destes últimos anos.

Assim como em outras técnicas em central, o material é fresado a frio e transportado para a central, sendo depois misturado com uma emulsão betuminosa modificada. Os problemas de sobreaquecimento inerentes à reciclagem a quente, são facilmente eliminados a partir do envolvimento da emulsão betuminosa bem como uma melhor compactação (Jimenez, 2014a).

Nesta técnica é possível reciclar o material fresado na totalidade. A figura 2.18 apresenta de forma esquemática o processo de produção.

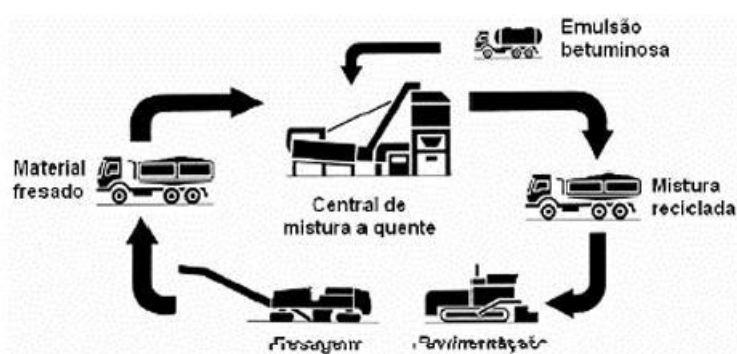


Figura 2.18: Processo de reciclagem em central semi-quente

Segundo os estudos da Cespa (Vieira, 2003), nos seus estudos envolvendo as misturas recicladas semi-quente comparativamente as misturas recicladas a frio convencional, apresentam as seguintes melhorias:

- Duplicação das resistências à compressão simples, a seco e após a imersão dos provetes;
- Aumento da resistência conservada em cerca de 10%;
- Aumento das baridades secas das misturas compactadas, com uma redução em cerca de 3% da percentagem de vazios.

b) Reciclagem a quente in situ.

Esta técnica o seu processo de execução é realizado a altas temperaturas, o que difere das anteriores. Consiste no fabrico de uma nova mistura betuminosa a quente, incorporando os materiais fresados, na própria obra ou noutras obras, de modo a conseguir bons resultados técnico-económicos e ambientais.

Existem dois processos desta técnica:

- A termorreperfilagem, permitindo selar as fendas existentes e repor a regularidade longitudinal do pavimento, onde neste processo começa com o aquecimento do pavimento seguida da compactação. A termorreperfilagem não permite a adição de novos materiais.
- A termorregeneração, compactação em nova camada, através do aquecimento das camadas betuminosas, a sua escarificação, recomposição.

A qualidade de uma mistura betuminosa com materiais novo, não pode ser muito abismal, comparando com misturas betuminosas com materiais reciclado (Branco et al, 2008).

Pode-se destacar as fases incorporada no processo de reciclagem em central fixa a quente (Pereira e Miranda, 1999):

- Recuperação por fresagem do material do pavimento degradado;
- Armazenamento e preparação do material recuperado, devendo diminuir-se o tamanho do material por fragmentação e homogeneizá-lo;
- Fabrico da nova mistura betuminosa utilizando o material recuperado;
- Colocação em obra da mistura betuminosa obtida, sendo esta colocação feita pelos métodos e com os equipamentos tradicionais de aplicação de misturas betuminosas quentes (pavimentadora, cilindros de rolo e cilindros de pneus).

A rapidez no processo, reduzindo o tempo de intervenção do pavimento, fazendo com que haja reposição rápida do tráfego, constitui uma das vantagens, porém, a desvantagem está relacionada com o elevado custo, em comparação com outras técnicas concorrentes, devido sobretudo à energia necessária para manter o pavimento quente e ao tipo de equipamento utilizado.

Nesta técnica, utiliza-se o tambor secador misturador tradicional montado sobre um chassi rolante, este ligado a uma pavimentadora. O material é fresado e colocado numa linha de fabrico e transferido para o tambor secador misturador por um tapete elevador. No tambor efetuam-se as operações normais, de aquecimento, de mistura e de adição de betume, após este processo a mistura betuminosa está pronta e é transportada para a pavimentadora.

Espalhamento e compactação, as operações tradicionais de pavimentação das camadas superiores, são feitas na fase final, como está representada na figura 2.19 (David, 2006).

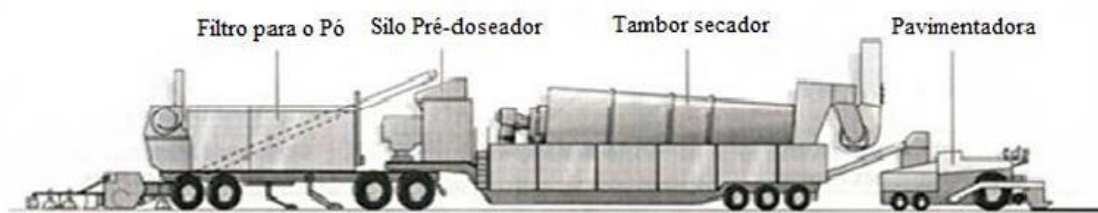


Figura 2.19: Reciclagem a quente in situ de misturas betuminosas (David, 2006)

3. Misturas betuminosas densas a frio

3.1 Misturas fabricadas em central

Misturas densas a frio fabricadas em central são aquelas produzidas em usina, sem aquecimento dos agregados, utilizando uma emulsão betuminosa como ligante, além de agregados e, possivelmente, água e aditivos. Estas misturas são aplicadas e compactadas à temperatura ambiente, permitindo seu manuseio e armazenamento em diversas situações.

As misturas betuminosas a frio fabricadas com emulsão betuminosa, estas misturas cujos materiais empregues no seu fabrico são agregados, água e emulsão betuminosas, podendo ser fabricadas, espalhadas e compactadas a temperatura ambiente.

No entanto, segundo a composição específica de cada mistura, como por exemplo a dimensão e proporção das fracções granulométricas utilizadas ou o teor do betume, podem obter misturas cujas características são distintas entre si.

Quando se trata de camadas de agregados britados de granulometria extensa tratados com emulsão betuminosas, as etapas a seguir são as seguintes:

- a) Fabrico da mistura em central;
- b) Transporte da mistura até o local onde decorrem os trabalhos;
- c) Espalhamento da mistura;
- d) Compactação da mistura.

A figura 3.1 apresenta uma panorâmica geral deste tipo de central.



Figura 3.1: Panorâmica geral da central de fabrico de misturas betuminosas a frio em pampilhosa da serra (Construções JJR e filhos AS)

O processo de fabrico começa com a mistura de várias fracções de agregados de diferentes dimensões, a humedificação dos agregados que chegam à misturadora é feita por pulverizadores de água regulados eletronicamente por um contador de impulsos.

Utiliza-se bomba de volume constante e de velocidade regulável para controlar o caudal de emulsão a misturar, o tempo de mistura é ajustada por pressão de pulverização, onde é regulada automaticamente a adição da emulsão em função ao caudal de agregados que chega à misturadora.

Para o transporte, o material é descarregado diretamente para o camião de transporte, uma vez concluído o fabrico da mistura betuminosa, pode permanecer por algum tempo na obra, até ser transportada no local onde será aplicado, temos em alguns casos a facilidade de formar uma crosta na superfície em contacto com o ar, que é sinal do início da coesão do material. Para este tipo de mistura, o tempo que vai entre o fabrico até a sua aplicação pode levar até 24 horas, o que constitui uma ligeira vantagem, em relação às misturas a quente.

No Caderno de Encargo da JAE (1998) recomenda-se que se tome como valor aproximado de 1% de teor de água, devendo este valor, no entanto, ser ajustado para cada lote de fabrico, tendo em conta não só o tempo de armazenamento e transporte, bem como as condições atmosféricas. Para as condições atmosféricas desfavoráveis, onde haja precipitação, ou ainda situação de temperatura extrema (muito elevada) o material deve ser protegido, ou seja, coberto com uma lona, de modo que a alteração do teor de água da mistura seja mínima.

A rutura total da emulsão betuminosa deve ocorrer durante o momento da compactação, segundo o Caderno de Encargo da JAE, assim sendo recomenda que durante o tempo de transporte se evite a segregação excessiva.

O material é descarregado na pavimentadora já no local a ser aplicado, para o espalhamento da mistura, sucedendo-se assim a compactação da camada da mistura a frio, usualmente em primeiro lugar, a passagem de um cilindro de rasto liso com vibração, em seguida um cilindro de pneus, onde à medida que o material é compactado há redução de água na mistura.

3.2 Reciclagem a frio in situ

A reciclagem a frio é uma técnica que consiste em fresar o pavimento existente e reutilizar o material fragmentado para fabricar uma nova mistura betuminosa a frio. Esta nova mistura pode ser realizada in situ.

A etapa construtiva de um trabalho de reciclagem de um pavimento a frio in situ é feita da seguinte forma:

a) Fresagem do pavimento a uma profundidade estabelecida, desagregando o material, como mostra a figura 3.2;

A execução de trabalhos de fresagens está na generalidade associada a tratamentos de patologias do pavimento, para reabilitação das condições de superfície (aderência e regularidade) e/ou estruturais ou ainda para promover a ligação entre trechos, designadamente:

- Zonas de fissuração generalizada;
- Zonas de rodeiras acentuadas;
- Correções das irregularidades transversais/longitudinais;
- Ligação ao pavimento existente no início e fim da intervenção;
- Zonas de ligação da secção corrente aos ramos de Nós ou outras intersecções.

Estes trabalhos incluem a realização de eventuais desvios de tráfego e transporte dos produtos sobrantes a depósito ou a sua reutilização, conforme definido em projecto, considerando-se incluídos todos os custos inerentes a este processo.

Os equipamentos de fresagem deverão possibilitar a remoção das misturas betuminosas por faixas, com a largura adequada ao tipo de intervenção. No caso de fresagens em toda a largura da plataforma a largura mínima deverá ser de 2,0m.

A superfície subjacente deverá cumprir os critérios de aceitação especificadas no Caderno de encargo.

A regularidade da superfície após fresagem, é medida com a régua de 3 m. Não são aceites desvios superiores a 0,01m, com a régua colocada em qualquer direcção (Estradas de Portugal Setembro 2014, pavimentação e métodos construtivos).



Figura 3.2: Processo de micro fresagem de um pavimento (Alcomoa engenharia e serviços)

b) Adição dos ligantes hidráulicos e hidrocarbonatos (betume, espuma e emulsão) se previamente estabelecido;

É uma prática comum em obras de engenharia civil, especialmente na construção e manutenção de pavimentos rodoviários, geralmente são realizadas através da passagem da máquina recicladora.

A alimentação da água e emulsão realiza - se diretamente por meio de cisternas ligada à recicladora, figura 3.3.



Figura 3.3: Pormenor da mistura de aditivos (Alcomoa engenharia e serviços)

c) Adição de agregados, cimento e cal previamente estabelecido no critério de trabalho;

A aplicação de agregados britados de granulometria extensa (ABE) tratados com ligantes hidráulicos (como cimento Portland ou cal) visa:

- Melhorar a capacidade de suporte da estrutura lateral da pista;
- Corrigir níveis e regularizar a geometria da berma;
- Proteger o corpo do pavimento contra infiltrações;
- Aumentar a durabilidade e resistência da faixa lateral;
- Permitir o tráfego eventual de veículos de manutenção ou emergência.

Quantidade típica de 3% a 6% do ligante hidráulico, em massa do solo/agregado, conforme o projecto.

Segundo Marques (1999), considera quanto a utilização do cimento, que este material em pequenas quantidades, pode ter como objectivo a diminuição da sensibilidade da camada reciclada à água, principalmente se a reciclagem se estender às camadas granulares adjacentes.

Existem equipamentos modernos que permitem o espalhamento do material corretivo, tal como cimento ou a cal imediatamente, antes da passagem da máquina recicladora, como se vê na figura 3.4.

No caso de obras de pequena dimensão e de pequeno tráfego, esta adição pode ser feita de forma manual como se pode ver na figura 3.5.



Figura 3.4: Espalhamento mecanizado de cimento (Arrieiro, 2007)



Figura 3.5: Espalhamento manual de cimento (Arrieiro 2007)

d) O material adicionado é misturado com o material desagregado.

A FHWA, 2005, fornece uma lista de consulta relativo aos procedimentos a adoptar no fabrico de misturas recicladas a frio quando se usa materiais aditivos/corretivos.

e) Espalhamento da mistura, figura 3.6.

A mistura será espalhada numa largura mínima de 4,5 m por meio de máquina pavimentadora (não é permitido espalhamento com motoniveladora). Admite-se, no entanto, se espalhar com pás e outros instrumentos de trabalho.

Caso a largura de espalhamento seja inferior a largura a pavimentar, e o período decorrido entre o espalhamento de faixas adjacentes seja superior a 2 horas, deve ser realizada uma junta longitudinal.

O equipamento e técnicas utilizadas no espalhamento devem assegurar a não segregação dos materiais, não sendo permitida bolsada de materiais fino ou grosso, bem como a uniformidade e precisão relativamente à espessura da camada. É extremamente importante a garantia da espessura final mínima prevista no projecto, visto que muitas vezes as ruínas são originadas pelas variações de espessuras (Estradas de Portugal Setembro 2014, pavimentação e métodos construtivos).



Figura 3.6: Espalhamento da mistura (Alcomoa engenharia e serviços)

f) A mistura é compactada figura 3.7.

A compactação vem imediatamente o espalhamento da mistura, o tempo não poderá exceder 3 horas, se a temperatura ambiente for superior a 30°C, este período de trabalho é encurtado pela metade. O equipamento de compactação deve incluir pelo menos um cilindro vibrador e um cilindro de pneus. O seu número deve, no entanto, depender do rendimento esperado.

O cilindro vibrador deverá ter uma unidade estática por unidade de geratriz vibrante, superior a 30 kg/Cm e o cilindro de pneus uma carga por roda superior a 3 tf (com pressão de enchimento de pneus de cerca de 5 kgf/Cm². Após o final da compactação não é permitido o aumento da espessura da camada (Estradas de Portugal Setembro 2014, pavimentação e métodos construtivos).



Figura 3.7: Processo de compactação (Alcomoa engenharia e serviços)

3.3 Síntese das principais vantagens relacionadas com a aplicação das misturas a frio

As misturas a frio com emulsões betuminosas oferecem várias vantagens, especialmente em comparação com misturas a quente. Onde a economia no processo de fabrico e a aplicação da mesma revela a sua versatilidade, segurança operacional, a permissão do uso de fresado de asfalto ou agregados reciclados, aumentando a sustentabilidade da pavimentação. Dentre outras vantagens vamos destacar as seguintes:

- **Redução dos gastos energéticos**

Dispensa aquecimento dos agregados e do ligante, pelo facto de serem aplicados a temperatura ambiente e o ligante conter solução aquosa, dispensa-se aquecimento ou até mesmo a secagem dos agregados, esse processo é eliminado, reduzindo drasticamente o consumo de energia. A poupança de energia (Serfass, 2002) respeita não só a temperatura dos materiais, como também a energia necessária para a evaporação da água dos agregados (onde o calor latente de evaporação da água é o parâmetro que se deve considerar, cujo valor é bastante elevado 540 calorias/g).

- **Benefícios ambientais**

Como o processo dispensa aquecimento intenso, há menos queima de combustíveis fósseis e, portanto, menor emissão de gases do efeito estufa e poluentes atmosféricos, resultante do Processo, nem vapores do ligante, emissões de poeiras/filer também são evitados por falta de aquecimento.

- **Redução de custos**

Como não há necessidade de aquecer agregados ou ligante, economiza-se muito com gás, diesel ou eletricidade, as usinas e os equipamentos usados são mais simples e baratos do que os usados em misturas a quente, não se precisa de tambores de secagem e aquecimento dos agregados, nem de sistema de despoeramento, tornando-a menos complexa.

A mistura pode ser feita e aplicada localmente, reduzindo os gastos com transporte de materiais a longas distâncias, é economicamente viável movê-la para junto das obras, mesmo para aquelas obras de relativamente pequenas.

- **Adequabilidade das misturas, de serem aplicadas em trabalhos de regularização (camadas de espessuras variáveis)**

As misturas a frio são altamente adequadas para regularização, pois oferecem flexibilidade de aplicação, aderência, e adaptabilidade a diferentes perfis de pavimento, tudo isso com

custo e risco reduzido. Em particular, as misturas do tipo macadame betuminoso a frio, são frequentemente aplicadas sobre superfícies deformadas.

A mistura a frio é mais moldável e fácil de espalhar, permitindo ajustes precisos em locais com deformações ou espessuras irregulares, pode ser usada tanto para nivelamento leve, quanto para correções mais profundas, adaptando-se a diferentes espessuras ao longo da pista, a emulsão proporciona boa colagem com a camada inferior, essencial em áreas onde há desníveis ou falhas no pavimento.

Permite aplicação com equipamentos simples ou com vibro acabadoras, o que é útil em obras urbanas, vias estreitas ou de difícil acesso, como a mistura é aplicada a frio, o risco de retração térmica e trincas por choque térmico é muito menor, mesmo em camadas com espessura irregular.

- Flexibilidade das condições de aplicação

Pode ser usada em climas frios ou durante épocas do ano com temperaturas mais baixas, sem necessidade de aquecimento prévio do agregado ou ligante, como no caso das fabricadas a quente, a altas temperaturas após o seu fabrico. Pode ser aplicada mesmo com condições climáticas menos ideais, como humidade moderada, desde que não haja chuva intensa, a molhagem do material devido às chuvas fracas não constitui um problema devido a sua natureza, as misturas betuminosas a frio com emulsão contem água, podendo suportar pequenas precipitações.

Ideal para manutenção emergencial (Ex: tapa-buracos), pois permite aplicação imediata, mesmo fora do horário normal de trabalho ou sob condições adversas. Muitas misturas a frio podem ser armazenadas por alguns dias, permitindo flexibilidade no cronograma de aplicação e evitando desperdício, assim sendo, deve-se chamar atenção as condições atmosféricas após a compactação, não sendo executada se tiver previsto chuvas fortes.

- Versatilidade

Ideais para tapa-buracos, remendos profundos, manutenção de emergências e até revestimentos provisórios em ruas, estradas ou pátios, permite tanto o uso de equipamentos leves quanto aplicação manual com ferramentas simples, o que a torna acessível para equipas pequenas ou com estrutura limitada.

Perfeitas para locais onde é inviável levar usinas móveis ou equipamentos pesados, como áreas rurais, zonas urbanas densas ou acessos temporários, a formulação é personalizada, a mistura pode ser adaptada conforme o tipo de tráfego, clima ou tempo de cura necessário, tornando-se mais eficiente para diferentes realidades.

- Flexibilidade e capacidade regenerativa

A sua capacidade regenerativa está intrinsicamente ligada ao uso de materiais reciclados, muitas misturas a frio permitem incorporação de fresado e outros resíduos asfálticos, promovendo a reciclagem a frio com baixo custo energético, A adição de rejuvenescedores ajuda a recuperar parte das propriedades do ligante asfáltico antigo, regenerando o material e estendendo sua vida útil.

Contribui para redução de resíduos, economia de recursos naturais e diminuição da pegada de carbono, já que dispensa o aquecimento intenso e transporte de grandes volumes, em alguns casos são reaplicadas ou recompostas no mesmo local.

- Redução do consumo dos recursos naturais (agregados novos e betume)

O pavimento degradado constitui a principal fonte de matéria prima para o fabrico da mistura betuminosa, no caso das recicladas in situ, neste processo utiliza-se todo o material fresado do pavimento, sendo apenas necessário a adição de água e eventualmente pequenas quantidades de material corretivo, como material novo.

- Eliminação das zonas de vazadouros

Como não há sobra significativa de materiais, praticamente não se geram entulhos ou rejeitos, eliminando a necessidade de áreas específicas para descarte (vazadouros), não utilizando vazadouros evita a degradação de novas áreas, para disposição dos resíduos e contribui para preservação ambiental e paisagista.

- Redução dos custos de transporte

As misturas a frio permitem o uso de agregados disponíveis localmente ou até mesmo o reaproveitamento do próprio pavimento fresado, reduzindo a necessidade de transporte de novos materiais, reduz significativamente o transporte de agregados e ligantes novo.

Em processos de reciclagem a frio in situ, o material é processado e reaplicado no mesmo ponto da estrada, eliminando completamente o transporte externo.

- Homogeneização do pavimento degradado

Consegue-se uma melhoria da homogeneidade e regularidade do trecho, eliminação das zonas fendilhadas, mesmo que os materiais fresados estejam com diferentes graus de envelhecimento, a adição de ligantes e aditivos promove uma distribuição homogênea do betume, garantindo coesão e resistência consistentes.

- Processo de fabrico sem endurecimento do betume

Como não há necessidade de aquecer o ligante a temperaturas elevadas (como ocorre nas misturas a quente), o betume não sofre envelhecimento térmico precoce, mantendo suas propriedades originais por mais tempo, logo não há endurecimento do betume por este efeito.

4. Caso de estudo

4.1 Caracterização da obra

A reabilitação de pavimentos rodoviários em ambiente urbano e até mesmo rural, apresenta características particulares que devem ser estudadas de forma a otimizar as intervenções de manutenção e de reabilitação, permitindo avultadas poupanças de recursos. Desta forma, pretende-se estudar as metodologias de reabilitação de pavimentos rodoviários em meio urbano e rural.

O caso de estudo, visa a realização de trabalhos inerentes a uma beneficiação da camada de desgaste do Pavimento, de cariz preventiva/curativa com o objetivo de controlar a evolução das degradações e adiar uma intervenção corretiva mais profunda e onerosa. Pretende-se também, em toda a extensão do traçado, através da aplicação de uma camada de desgaste com características aceitáveis de absorção acústica, garantir uma redução do ruído provocado pela circulação rodoviária.

O traçado em causa corresponde a EN101, circular sul Braga (Km 95+800) e Taipas (km 104+100) no plano de intervenção preventiva em pavimentos, como está representado na figura 4.1

Assim, a solução assentou –se em:

- Em zonas com necessidade de manutenção das cotas atuais do pavimento (zonas urbanas) - Fresagem e reposição da Camada de Desgaste na espessura de 0,05 m, SMA 11 (surf PMB 45/80-65), a toda a largura e extensão.
- Nas Restantes Zonas (fora das zonas Urbanas) - Reforço com Camada de Desgaste na espessura de 0,04 m, SMA 11 (surf PMB 45/80-65), a toda a largura e extensão da faixa de rodagem.
- Na sequência dos trabalhos de pavimentação no troço em estudo, foi procedido à uniformização das marcas rodoviárias a instalar conforme enquadramento na rede viária nacional, garantindo a circulação com o máximo de fluidez e segurança. A execução da pré-marcação foi obrigatória em todos os trabalhos de marcas rodoviárias. A velocidade de projeto preconizada é de 50 km/h.

Consequentemente, todas as marcações cumpriram o estipulado no projeto de execução da Sinalização e Segurança.

As principais intervenções que se realizou nesta empreitada foi a seguinte:

- Montagem, Conservação e Desmontagem da Sinalização Provisória.
- Fresagem, limpeza com vassoura mecânica e compressor do pavimento existente, nas zonas urbanas, com transporte a deposito na Central de betuminoso, para incorporação em misturas betuminosas.
- Reposição Pontual do pavimento, na zona fresada, com AC20, incluindo rega de colagem.
- Limpeza da zona fresada, aplicação rega de colagem e da camada de desgaste, em SMA 11 com 5Cm, nas zonas fresadas.
- Pré-marcação da sinalização horizontal, nas zonas intervencionadas,
- Limpeza da via, aplicação rega de colagem e da camada de desgaste, em SMA 11 com 4Cm, em zonas não fresadas, fora de localidade.
- Pré-marcação da sinalização horizontal, nas zonas intervencionadas.
- Marcação definitiva da via, com pelo menos, 1 semana após a aplicação do betuminoso.

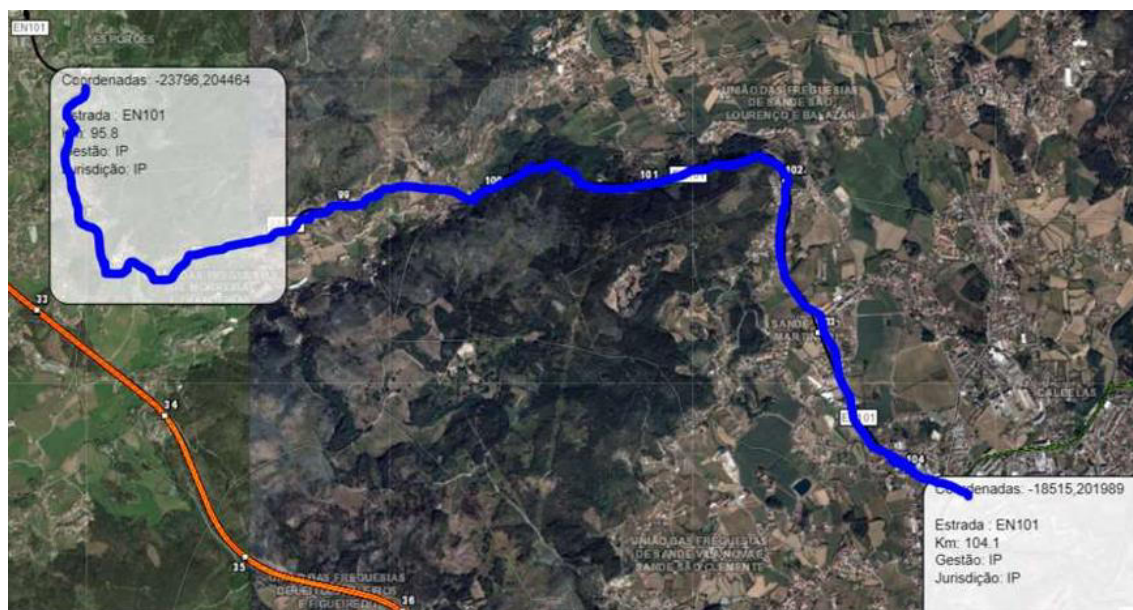


Figura 4.1: Localização e visualização do troço em estudo EN101 (Socorpena, engenharia e construção SA)

4.2 Misturas betuminosas recicladas a quente em central

Para fornecer esta obra, a Socorpena produz misturas betuminosas na Central Betuminosa localizada em Lustosa – Lousada, a cerca de 23 km pela EN101 e 30 km pela A7, do início da obra, como se pode ver no esquema da figura 4.2.

Esta central é pertença da empresa Socorpena, SA, Trata-se de uma central da marca SIM, modelo Speedybatch 210, com uma produção de 210 ton/h, modelo de produção descontinua.

Com a designação da mistura SMA11-PMB 45/80-65 (5%MBF), código da amostra A24.311.01, recolha de ensaio, boca da central, fabricado a uma temperatura ambiente de 16°C e a mistura betuminosa recolhida a uma temperatura de 185°C.

A área do estaleiro a afeto à produção de misturas betuminosas é igual a 9335 m², sendo a área edificada da central de misturas betuminosas de 91.5 m² e área de apoio de 1304,95 m².

A figura 4.3, mostra o diagrama do processo de fabrico, onde resume-se sequencialmente às seguintes fases:

- Receção de matérias-primas;
- Armazenamento;
- Dosificação;
- Aquecimento e despoeiramento;
- Mistura;
- Descarga;
- Expedição;
- Transporte.

O processo de fabrico das misturas betuminosas iniciou-se com os inertes colocados nas quatro tremonhas de receção, conforme as suas granulometrias, por meio de pá carregadora, sendo então lançados por meio de doseadores colocados no fundo das tremonhas em tapete transportador, que os encaminhará para o tambor de secagem.

O aquecimento e secagem foram realizados através de um grupo queimador de combustível, montado num dos topos do tambor de secagem. A aspiração das poeiras foi obtida através da exaustão das mesmas. Os inertes aquecidos e secos foram encaminhados para o elevador de alcatruzes que os leva até ao crivo de seleção. No crivo, foram separados os inertes por granulometrias e encaminhados para a balança de pesagem, a qual quantifica os inertes que são lançados no misturador (segundo a composição pré-estabelecida), os quais são envolvidos por betume aquecido a uma temperatura de 150°C.

Após concluída a mistura, foram carregados os camiões basculantes, que transportaram o produto final à frente de obra a aplicar.



Figura 4.2: Central betuminosa (Socorpena, engenharia e construções)

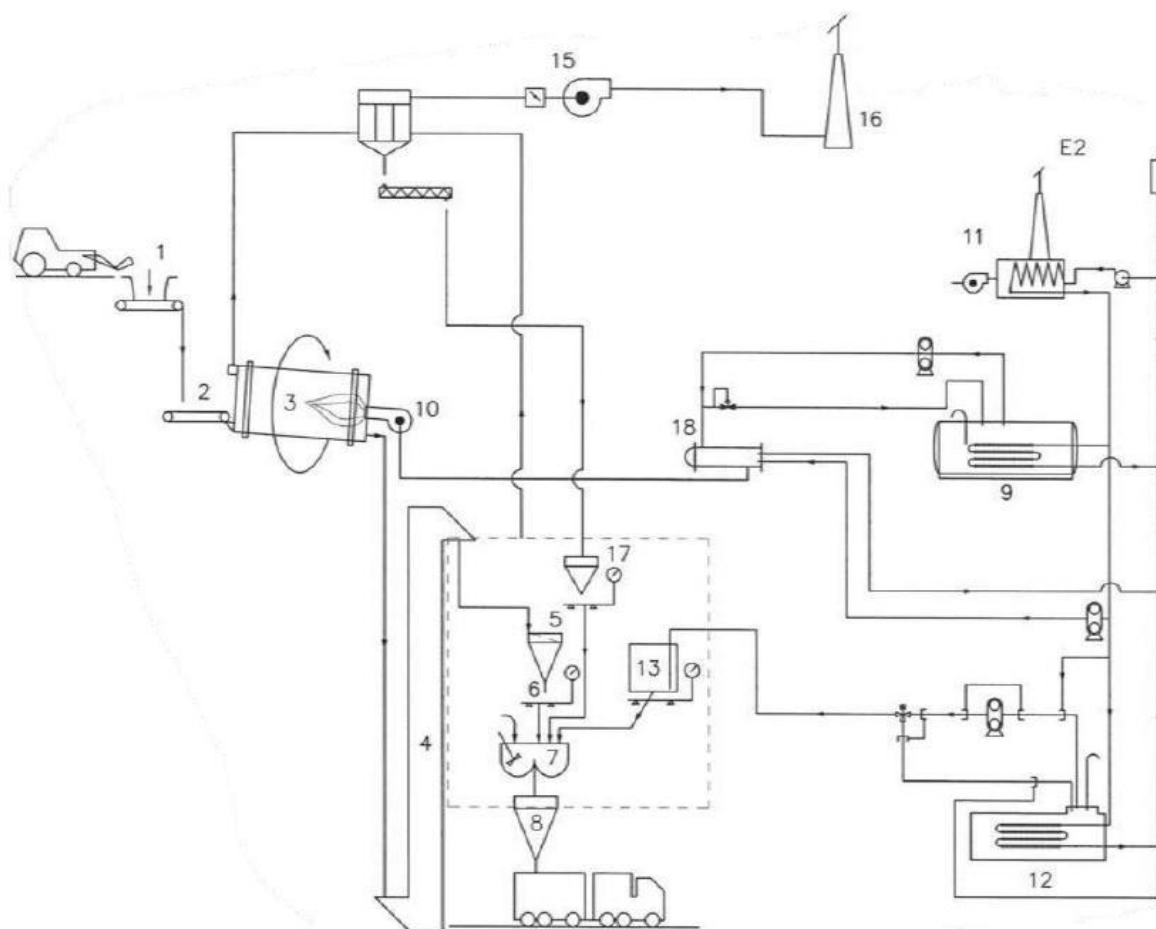


Figura 4.3: Esquema do fabrico da mistura betuminosa (Socoperna, engenharia e construções)

É uma central do tipo descontínuo que consiste em aquecer os agregados de forma a remover a humidade e criar as condições ideais para a correta ligação com o betume (ligante). O sistema de crivagem/seleção das diferentes frações e execução de amassaduras por pesagem (agregados novos + filler + ligante + aditivos) permite o fabrico de uma mistura betuminosa homogénea que cumpra as especificações e os critérios de conformidade.

A tabela 4.1, mostra todos componentes da central, com a seguinte descrição dos elementos:

- Alimentação dos agregados é feita através de 5 tolvas com capacidade de 14 m³;
- Secagem/aquecimento do agregado é realizada num “tambor secador” com extensão de 9,0 m e diâmetro de 2,3;
- O queimador que permite a secagem/aquecimento funciona a fuel e tem uma capacidade térmica máxima de 13,9 MW;
- A exaustão de ar no tambor secador, que permite a queima (ponto 3), é complementada com um filtro com 675 m² e composto por 450 mangas (ponto 14 da legenda);
- O ligante (betume) é mantido à temperatura ideal para o fabrico das misturas através de um circuito de óleo térmico aquecido por uma caldeira com capacidade térmica máxima de 0.58 mW;
- Os agregados são transportados para uma torre de seleção e mistura através de um elevador com capacidade máxima de 210 toneladas/hora, com uma secção de 1.10 x 0.67 m;
- A seleção dos agregados é feita num bloco composto por 5 crivos com uma secção de 1.8 x 4.0 m e posteriormente armazenados em silos com capacidade para 18 m³;
- O ligante (betume) é armazenado em 3 tanques com capacidade para 40 toneladas cada. O filler recuperado é armazenado num silo de 26 m³ e o comercial num silo de 36 m³;

A mistura é feita num misturador com capacidade de 2.8 toneladas;

Todo o sistema produtivo é comandado através de uma cabine computadorizada que tem uma área de 15 m².

Tabela 4.1: Elementos constituintes da central betuminosa (Socorpena, engenharia e construções)

1 – Tolvas	10 - Queimador
2 - Cinta de Alimentação	11 – Caldeira
3 – Tambor Secador	12 – Betume
4 – Elevador	13 - Doseador
5 – Crivos	14 – Filtro de Mangas (não identificado na imagem, mencionado na descrição dos elementos)
6 – Tolva de Pesagem	15 - Aspirador
7 - Misturador	16 - Chaminé
8 – Silo de Produto Acabado	17 – Tolva Filler
9 – Tanque de Combustível (Fuel)	18 – Aquecedor

4.2.1 Determinação da percentagem do betume

Para determinar a percentagem do betume, recorreu-se ao método de ignição, norma EN 12697-39, que consiste na queima da amostra em altas temperaturas, para remover o betume e em seguida, a pesagem da amostra restante para calcular a quantidade de betume perdida por ignição. Tendo os resultados apresentados nas tabelas 4.2 e 4.3.

Tabela 4.2: Características do provete de ensaio (Socorpena, engenharia e construções)

Dimensão máxima da mistura	14
Massa definida na norma para o tamanho do provete	1000-1700
Temperatura máxima durante o teste	550
Factor de correcção da mistura de agregados	0,16
Método de determinação do factor de correcção da mistura	

Tabela 4.3: Determinação da percentagem em betume pelo método B -forno sem balança interna (Socorpena, engenharia e construções)

Wt - Massa do cesto em balança externa	3926,5	
Wt+s - Massa do cesto + provete antes do ensaio	5688,2	
Ws - Massa do provete de ensaio	1761,7	
Wt+a - Massa do cesto + provete após ensaio	5575,0	
Wa - Massa do provete após ensaio	1648,5	
W_{loss} - Massa perdida no ensaio	113,2	
B - Percentagem em betume corrigido	6,3	
Percentagem de betume médio	6,3	

4.2.2 Análise granulométrica

Trabalhou-se com a norma EN 12697-2, para determinar a distribuição do tamanho das partículas dos agregados, obtendo-se os resultados ilustrados na tabela 4.4 e a figura 4.4.

O fuso granulométrico, na área da construção civil e engenharia geotécnica, refere-se ao intervalo de tamanhos de partículas de um agregado (como areia, brita, etc.) que se encaixa dentro de limites estabelecidos para uma determinada aplicação. Ele define a faixa de diâmetros das partículas permitidas em uma mistura, garantindo que a proporção adequada seja alcançada para obter as propriedades desejadas no material final, como resistência, durabilidade e trabalhabilidade.

Em outras palavras, o fuso granulométrico estabelece os limites máximo e mínimo para o tamanho das partículas em uma mistura, permitindo que ela seja adequada para um determinado uso. Por exemplo, em pavimentação, o fuso granulométrico especifica a quantidade de partículas em diferentes faixas de tamanho (peneiras) para garantir que a mistura tenha a compactação, estabilidade e resistência desejadas.

Tabela 4.4: Fuso granulométrico (Socorpena, engenharia e construções)

#	0	0	16	11,2	8	4	2	0,5	0,063
LS	0	0	100	100	80	33	30	20	10
LI	0	0	100	90	55	22	20	12	6

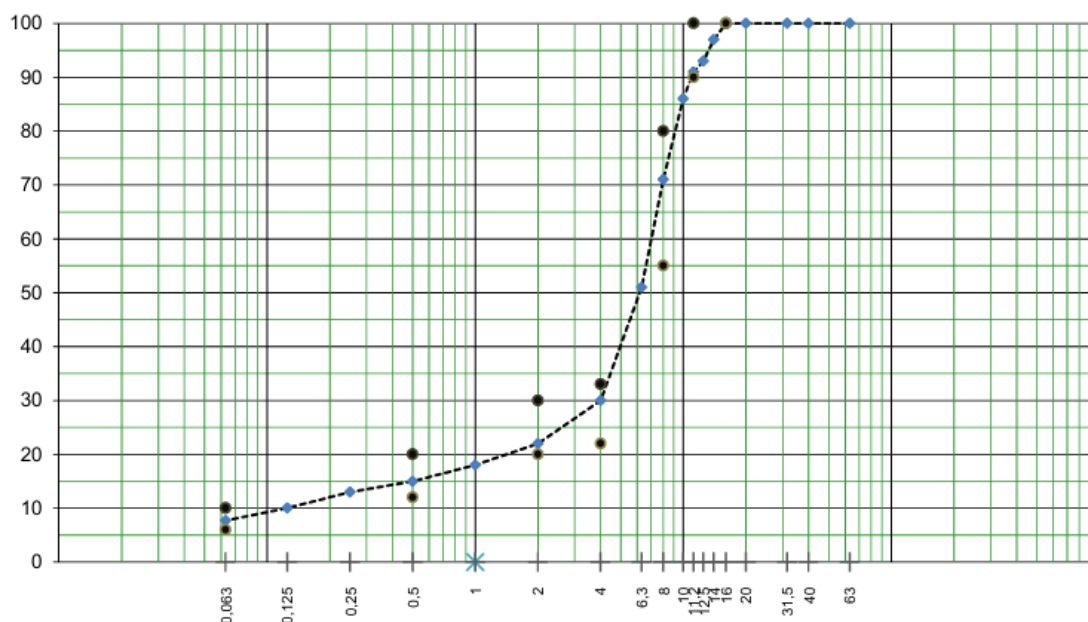


Figura 4.4: Representação gráfica do fuso granulométrico (Socorpena, engenharia e construções)

4.2.3 Determinação da baridade máxima

Para a determinação da baridade máxima em misturas betuminosas, trabalhou-se com a norma EN 12697-5, frequentemente realizada em laboratório, envolve calcular a densidade máxima possível da mistura, considerando todos os vazios preenchidos com a água. Obtendo os resultados como mostra as tabelas 4.5 e 4.6.

Tabela 4.5: Característica do ensaio (Socorpena, engenharia e construções)

Procedimento:	Volúmetrico (A)
Pressão de vácuo aplicada:	0.04 bar, durante 15 minutos
Método auxiliar de libertação de ar:	Agitação mecânica

Tabela 4.6: Baridade do provete (Socorpna, engenharia e construções)

Líquido utilizado	água	
M1 - Massa do picnómetro (g)	3070,4	
m2 - Massa do picnómetro cheio de água á temperatura de 25°C (g)	7421,5	
m3 - Massa do picnómetro + provete (g)	4480,6	
M3 - Massa do picnómetro cheio com água + provete (g)	8248,6	
T - Temperatura do líquido (°C)	25	
ρ_w - Densidade do líquido à temperatura de ensaio (Kg / m ³)	995,7	
ρ_{mv} - Densidade máxima (Kg/m ³)	2 408	
$\rho_{mv(m)}$ - média da Densidade máxima (Kg/m ³)	2 408	

4.2.4 Determinação da baridade da mistura betuminosa compactada

A partir da norma EN 12697-6, procedeu-se a medição da densidade ou massa por unidade de volume de uma amostra compactada de material betuminoso, obtendo-se os seguintes resultados apresentados na tabela 4.7.

Tabela 4.7: Determinação da baridade da mistura compactada (Socorpena, engenharia e construções)

Tipo de compactador	Impacto
Nº de pancadas em cada topo do provete	50
Temperatura de compactação (°C)	150-160
Percentagem em betume da mistura	6,3

Nº do provete	1	2	3	4		
---------------	---	---	---	---	--	--

Método B:

m1 - massa do provete seco (g)	1131,4	1134,7	1126,4	1129,1		
m2 - massa do provete em água (g)	645,8	646,7	644,2	646,0		
m3 - massa do provete sat. com a superf. seca (g)	1131,8	1135,2	1127,2	1129,7		
T - temperatura de ensaio (°C)	25,0					
ρ_W - Densidade da água à temp. de ensaio (Kg/m3)	997,1					

Método D:

m1 - massa do provete seco (g)						
Volume do provete (mm) * Imp MB023						

Resultado Final

ρ_{bssd} - Baridade do provete (Kg / m3)	2 321	2 316	2 325	2 328		
$\rho_{bssd m}$ - Baridade média (Kg / m3)	2 323					

4.2.5 Determinação da porosidade

A partir da norma EN 12697-8, obtida pela mensuração da massa da água necessária para saturar a amostra, obteve-se os resultados apresentados na tabela 4.8.

Ela se refere à quantidade de espaços vazios presentes em um material, em relação ao seu volume total. A determinação precisa da porosidade é essencial para entender as propriedades físicas e mecânicas de um material, influenciando seu desempenho em sua aplicação.

Existem vários métodos, é importante ressaltar que, em muitos casos, uma combinação de métodos é empregada para obter resultados mais precisos e abrangentes.

Tabela 4.8: Determinação da porosidade (Socorpena, engenharia e construções)

Características de compactação :

Tipo de compactador	Impacto
Nº de pancadas em cada topo do provete	50
Temperatura de compactação (°C)	150-160
Percentagem em betume da mistura	6,3

Porosidade - Volume de vazios num provete betuminoso

Numero do provete	1	2	3	4		
ρ_b - Baridade do provete (Kg / m ³)	2 321	2 316	2 325	2 328		
ρ_m - Baridade máxima teórica da mistura (Kg / m ³)	2 408					
v_m - Porosidade do provete (%)	3,6	3,8	3,4	3,3		
v_m - Porosidade média dos provetes (%)	3,6					

VMA - Percentagem de vazios na mistura de agregados

ρ_B - Massa volúmica do ligante (Kg / m ³)	1030					
VMA - % de vazios na mist. agregados (%)	17,8	18,0	17,7	17,6		
VMA média - % de vazios na mist. agregados (%)	17,8					

VFB - Percentagem de vazios na mistura de agregados preenchidos com ligante

VFB - vazios na mist. agregados preenchidos com ligante (%)	79,7	78,8	80,5	81,0		
VFB média - vazios na mist. agregados preenchidos com ligante (%)	80,0					

4.2.6 Ensaio de compressão Marshall

Procedeu-se este ensaio, utilizando a norma EN 12697-34, um procedimento técnico utilizado para avaliar a qualidade e resistência da mistura asfáltica, determinando a quantidade ideal de ligante asfáltico na mistura, como mostra a tabela 4.9.

Ele mede a estabilidade (resistência à deformação) e a fluência (deformação plástica) da mistura sob carga de compressão radial, apresentada pelo corpo de prova expressa em N (Kgf), e a fluência que corresponde a deformação total apresentada pelo corpo de prova, desde a aplicação da carga inicial nula até a aplicação da carga máxima, expressa em décimos de milímetro (centésimos de polegadas), de misturas betuminosas.

O ensaio Marshall é um teste de laboratório que avalia a capacidade da mistura asfáltica de resistir à deformação sob carga, simulando as condições encontradas em pavimentos rodoviários. Ele determina a estabilidade e a fluência da mistura, fornecendo informações cruciais para a avaliação da qualidade e durabilidade do pavimento.

Tabela 4.9: Resultados de ensaio de compressão Marshall (Socorpena, engenharia e construções)

Características da moldagem / compactação :

Tipo de compactador	Compactador de impacto
Nº de pancadas em cada topo do provete	50
Temperatura de compactação (°C)	150-160

Dimensões dos provetes:

D - Diâmetro(mm)	101,6	101,6	101,6	101,6		
H - Altura(mm)	63,1	63,4	62,6	62,9		
V - Volume (mm ³)	511572	514004	507518	509950		
C - Factor de correcção da altura	1,03	1,02	1,04	1,03		

Valores do ensaio

F - Fluxo (deformação) mm	3,720	3,840	3,810	3,680		
F_m - Fluxo médio (deformação) mm	3,763					
S - Estabilidade KN	13,471	12,035	12,469	12,328		
Sc - Estabilidade Corrigida Kt	13,86	12,29	12,99	12,75		
Sc_m - Estabilidade média Corrigida KN	12,971					
V_f - Variação da Deformação (máx 15%)	4,2					
V_s - Variação da Estabilidade (máx 20%)	10,7					
S/F - Coeficiente Marshall	3,7	3,2	3,4	3,5		
S/F_m - Coeficiente Marshall médio	3,4					

4.2.7 Índice de resistência conservada

Baseou-se na norma MIL STD 620-A, uma norma militar americana que estabelece métodos de ensaio para materiais betuminosos, com os resultados apresentados na tabela 4.10.

Estabelece métodos de ensaio para avaliar diversas propriedades desses materiais, incluindo a sua resistência à água.

Foi amplamente utilizada como referência para avaliar a sensibilidade à água de misturas betuminosas em Portugal. Com a evolução das normas europeias, como a EN 12697-12, a MIL-STD-620A foi perdendo importância, embora ainda possa ser encontrada em algumas situações.

Tabela 4.10: Resultados do índice de resistência conservada (Socorpna, engenharia e construções)

Características da moldagem / compactação :

Tipo de compactador	Compactador de impacto
Nº de pancadas em cada topo do provete	50
Temperatura de compactação (°C)	150-160

Características dos provetes:

BMB - Baridade (Kg/m ³)	2321	2316	2325	2328		2317	2322	2328	2324	
BMB - Baridade Média(Kg/m ³)	2323					2323				
D - Diâmetro(mm)	101,6	101,6	101,6	101,6		101,6	101,6	101,6	101,6	
H - Altura(mm)	63,1	63,4	62,6	62,9		62,9	62,6	63,3	63,3	
C - Factor de correcção da altura	1,03	1,02	1,04	1,03		1,03	1,04	1,02	1,02	

Valores do ensaio:

Imersão em Banho-maria	30 min a 60°C					24 horas a 60°C				
F - Fluxo (deformação) mm	3,7	3,8	3,8	3,7		4,0	4,0	3,8	4,0	
Fm - Fluxo médio (deformação) mm	3,8					3,9				
S - Estabilidade KN	13,5	12,0	12,5	12,3		12,0	12,1	12,0	11,8	
Sc - Estabilidade Corrigida KN	13,9	12,3	13,0	12,7		12,4	12,6	12,3	12,0	
Scm - Estabilidade média Corrigida KN	13,0					12,3				
V_f - Variação da Deformação (máx 15%)										
V_s - Variação da Estabilidade (máx 20%)										
S/F - Coeficiente Marshall	3,7	3,2	3,4	3,5		3,1	3,1	3,2	3,0	
r/R - Resistência Conservada Marshal	95%									

4.2.8 Determinação da sensibilidade à água de provetes betuminosos

Pela norma EN 12697-12, avaliou-se a perda de resistência da mistura betuminosa quando exposta à água. Obteve-se os resultados apresentados na tabela 4.11.

Este ensaio é crucial para garantir a durabilidade e desempenho de pavimentos rodoviários em condições húmidas. O método mais comum envolve a comparação da resistência à tração indireta de provetes não condicionados (secos) com a de provetes condicionados em água.

Esta norma EN 12697-12, foi também avaliada a influência temperatura de realização do ensaio de determinação da resistência à tração indireta (15° C e 25° C).

Tabela 4.11: Resultados da sensibilidade à água de provetes betuminosos (Socorpena, engenharia e construções)

Características da moldagem/extração dos provetes:

Tipo de Provetes:	Fabricados em laboratório / Moldados	
Tempo de armazenamento:	16	Horas

Características dos Provetes e Ensaio:

Sub-Conjunto Seco							Sub-Conjunto Húmido						
Temp. de Ensaio:		15 °C					Temp. de Ensaio:		15 °C				
mnº	D (mm)	H (mm)	Pb (Kg/m3)	P (KN)	ITS _d (kPa)	Tipo de Rotura	nº	D (mm)	H (mm)	Pb (Kg/m3)	P (KN)	ITS _w (kPa)	Tipo de Rotura
9	101,6	63,5	2320	20,455	2018,423	b	13	101,6	62,7	2326	17,826	1781,446	b
10	101,6	63,0	2328	19,846	1973,871	b	14	101,6	63,5	2320	18,437	1819,294	b
11	101,6	62,6	2323	19,328	1934,635	b	15	101,6	63,0	2319	19,022	1891,917	b
12	101,6	63,0	2316	19,715	1960,842	b	16	101,6	62,6	2326	18,872	1888,992	b
Média	101,6	63,0	2322	19,836	1971,943	-	Média	101,6	63,0	2323	18,539	1845,412	-

4.2.9 Ensaio de escorrimento do ligante

Efetuada a partir da norma EN 12697-18, o ensaio de escorrimento do ligante, também conhecido como ensaio de ponto de rotura Fraass, com os resultados da tabela 4.12.

Tabela 4.12: Resultados do ensaio de escorrimento de ligantes (Socorpena, engenharia e construções)

Escorrimento do Ligante:

Temperatura pretendida para ensaio (°C)	
Temperatura da mistura após 60 min na estufa (°C)	

Nº do provete	1	2
W₁ - Massa do copo (g)	255,6	255,5
W₂ - Massa do copo + provete (g)	1279,6	1301,4
W₃ - Massa do copo + material retido após inversão arrefecimento (g)	257,8	257,6
W₄ - Massa do material seco retido no peneiro (g)	0,0	0,0
R - Residuo retido no peneiro (%)	0,0	0,0
D - Material escorrido no copo (%)	0,21	0,20

D Média 0,2 %

4.3 Remoção do pavimento e gestão do fresado

O processo de remoção do pavimento, teve início com a extração de carotes, como se pode observar na figura 4.5. A extração de carotes (ou testemunhos cilíndricos) em reabilitação de pavimentos rodoviários é uma prática comum e essencial na engenharia rodoviária.

Ela serve para diversas finalidades importantes, principalmente para avaliação da estrutura existente e planeamento adequado da reabilitação.

A extração foi efetuada no sentido crescente do PK 95+900 ao PK 96+600 e Sentido Decrescente do PK 97+300 ao PK 96+200.

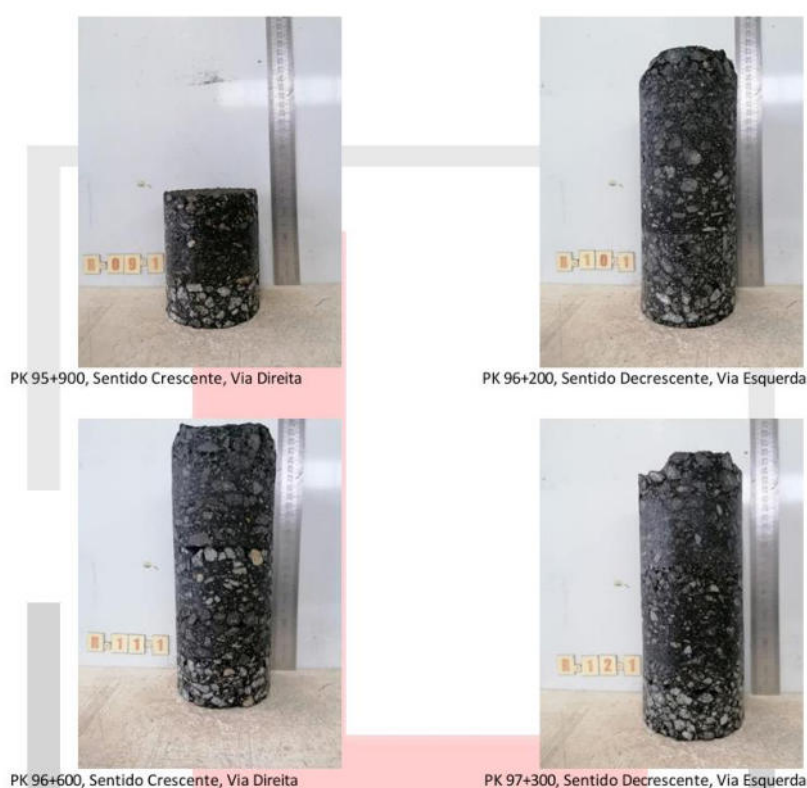


Figura 4.5: Carotes extraídos do pavimento (Socorpena, engenharia e construções)

4.3.1 Limpeza do pavimento antes da fresagem

Procedeu-se então a limpeza da berma da via, como ilustra a figura 4.6, é uma etapa essencial no processo de reabilitação de vias pavimentadas. Essa limpeza garante maior eficiência, segurança e qualidade na execução do serviço.

Terra, pedras, vegetação, poeira ou resíduos acumulados na berma podem interferir no funcionamento da fresadora.

A presença de detritos pode causar desgaste prematuro ou até problemas à fresadora, especialmente nas lâminas e sistemas de corte. A limpeza garante que a fresadora opere danos mecânicos sobre uma superfície limpa e estável, reduzindo o risco de derrapagens ou deslocamentos laterais.

Uma berma limpa permite delimitar corretamente a faixa de fresagem, garantindo que os cortes sejam precisos, tanto em largura quanto em profundidade.

Ambientes limpos ao redor da zona de fresagem reduzem o risco de acidentes e escorregões para operadores e trabalhadores.



Figura 4.6: Limpeza com recurso a mini pá carregadora (Socorpena, engenharia e construções)

4.3.2 Fresagem

Fez-se a fresagem, como mostra a figura 4.7, os resíduos provenientes dos trabalhos foram armazenados dentro do corte da EN101 até serem removidos pela mini pá carregadora com vassoura acoplada.

Depois da remoção, este foi diretamente armazenado em camiões e encaminhado para locais autorizados com as respetivas guias de acompanhamento, de forma a deixar a frente de obra livre e desimpedida à execução dos trabalhos de pavimentação sem comprometer o tráfego rodoviário, necessário durante a respetiva execução, como se pode observar na figura 4.8.

Antecedendo esta atividade, a equipa de topografia, procedeu à marcação da extensão a fresar. Em seguida, a Fresadora Wirtgen 2000, procedeu à fresagem da camada à profundidade de 5 Cm. O material fresado foi descarrego diretamente para o camião, pelo sistema transportador da Wirtgen, em simultâneo com a fresagem.

Quando este enche a caixa, vem um outro fazer a sua substituição e o material foi transportado para a central de Lousada para reciclagem por incorporação em misturas betuminosas.

Mais atrás, um trator com vassoura mecânica, juntou o material que ficou perdido na zona fresada, carregando-o para o camião. Posteriormente, uma carrinha com um compressor potente e dois serventes, fizeram a sopragem das últimas partículas na via, deixando a mesma pronta para receber a rega de impregnação.



Figura 4.7: Armazenamento de resíduos proveniente da fresagem, dentro da via intervencionada (Socorpena, engenharia e construções)



Figura 4.8: Remoção dos resíduos e encaminhamento para o local autorizado (Socorpena, engenharia e construções)

4.4 Incorporação de reciclados na mistura

Quanto a incorporação do material fresado das camadas do pavimento na mistura, submeteu-se a um tratamento rigoroso no que concerne aos critérios de homogeneização e descontaminação.

Foi necessário o processo de britagem antes do seu armazenamento para o fabrico, visto que a dimensão máxima do material fresado não se ajustava a mistura que pretendia produzir, para o efeito foi necessário a colocação uma grelha à entrada da unidade do material fresado, bem como de um crivo com a função de rejeição do material com maior dimensão.

O material fresado foi colocado em local arejado e coberto, armazenado em pilha de características homogéneas, facilitando assim a sua conservação.

Nem todo material fresado foi reciclado, foi necessário um seguimento meticoloso das especificações da LNEC E472:2009, foram contemplados os requisitos mínimos referidos nas tabelas 4.13 e 4.14. Pela mesma especificação, as misturas betuminosas recuperadas a utilizar em misturas recicladas não podem conter materiais que, pela sua natureza, forma, dimensão ou teor, possam influenciar de forma negativa as propriedades da nova mistura e, foram consideradas duas possibilidades de aplicação destas misturas: a utilização em camada de desgaste ou em camadas de ligação ou regularização e de base.

Na tabela 4.13 estabelecem-se os requisitos mínimos que as misturas betuminosas recuperadas devem satisfazer para poderem ser usadas no fabrico de misturas betuminosas recicladas a quente em central.

Na tabela 4.14 indica-se o campo de aplicação e apresentam-se recomendações relativas à taxa de incorporação em função das suas características e do tipo de aplicação.

Tabela 4.13: Propriedade e requisitos mínimos de conformidades das misturas betuminosas recicladas (LEC E472, 2009)

Requisitos de conformidade (EN 13108-8)		Misturas betuminosas recuperadas (MBR)		
Propriedade ⁽¹⁾	Norma de ensaio	MBR1	MBR2	MBR3
Presença de matéria estranha na MBR	EN 12697-42	F1	F5	F5
Ligante presente na MBR	Tipo de ligante ⁽¹⁾	Betume (tradicional) ou Betume modificado	Betume (tradicional) ou Betume modificado	Betume (tradicional), Betume modificado ou Betume duro
	Características do ligante recuperado	EN 12697-3 ou EN 12697-4 EN 1426 ou EN 1427	P15 ou S70 ⁽²⁾ Ou $P \geq 15 \times 10^{-1} \text{ mm}$ ou $S \leq 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ⁽³⁾	P15 ou S70 ⁽²⁾ Ou $P \geq 15 \times 10^{-1} \text{ mm}$ ou $S \leq 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ⁽³⁾ Ou Declarar a natureza e as propriedades do ligante ⁽³⁾
Dimensão máxima das partículas da MBR		EN 933-1+A1:2005	32mm	32mm
Agregado da MBR	Granulometria média	EN 933-1+A1:2005	Valores a declarar	
	Dimensão máxima, D			
Percentagem média de ligante na MBR		EN 12697-1	Valores a declarar	
Teor de água máximo da MBR		EN 12697-14	5%	5%
P – Penetração a 25°C do ligante presente na MBR S – Temperatura de amolecimento pelo método de anel e bola do ligante presente na MBR ⁽¹⁾ Ver EN 12597 ⁽²⁾ Requisito a aplicar no caso do ligante presente na MBR ser um betume de pavimentação (tradicional) ⁽³⁾ Requisito a aplicar no caso do ligante presente na MBR ser um betume modificado de pavimentação ⁽⁴⁾ Requisito a aplicar no caso do ligante presente na MBR ser um betume de pavimentação (tradicional) ou um betume duro de pavimentação				

Tabela 4.14: Taxa máxima de incorporação de misturas betuminosas recicladas a quente (LNEC E 472,2009)

Classificação das MBR (EN 13108-8)	Campo de aplicação	Taxa máxima de incorporação ⁽¹⁾
MBR1	Camadas de desgaste	10% ⁽²⁾
	Camadas de regularização, de ligação e de base	50% ⁽²⁾
MBR2	Camadas de regularização, de ligação e de base	25% ⁽²⁾
MBR3	Camadas de regularização, de ligação e de base	10% ⁽²⁾
⁽¹⁾ Admitem-se taxas de incorporação superiores, recorrendo eventualmente a produtos rejuvenescedores, desde que o estudo de formulação seja complementado com ensaios para avaliação das características do ligante recuperado na mistura final e do desempenho desta mistura, nomeadamente no que se refere à resistência à fadiga, às deformações permanentes e ao envelhecimento. ⁽²⁾ Para além de obedecer a este critério, a taxa de incorporação de MBR é condicionada pelo processo de fabrico, pelos resultados do estudo de formulação de mistura e pelas características do ligante recuperado da mistura final.		

4.4.1 Misturas de ligação e desgaste

Foi incorporado 5% do material reciclado usado nas 7029t de Misturas betuminosas aplicadas tipo SMA 11 para a camada de desgaste e 10% do material reciclado usado nas 236t de Misturas betuminosas aplicadas tipo AC20 para a camada de ligação, como ilustra a tabela 4.15.

A mistura betuminosa do tipo AC20 refere-se a uma mistura asfáltica com uma dimensão máxima de agregado de 20 mm, utilizada frequentemente em camadas de base e binder em pavimentos. O "AC" significa "Asphalt Concrete".

Misturas AC20 foram projetadas para fornecer resistência estrutural e estabilidade ao pavimento, suportando as cargas do tráfego.

A curva granulométrica do AC20, ou seja, a distribuição dos tamanhos dos agregados, foi cuidadosamente controlada para garantir as propriedades desejadas da mistura.

O tipo e a quantidade de betume utilizado na mistura AC20 também foram selecionados para otimizar o desempenho do pavimento em relação à temperatura e às condições de tráfego.

A mistura betuminosa SMA11 (Stone Mastic Asphalt), é uma mistura flexível, estável e bastante resistente à rotura, graças ao emprego de fibras.

As principais vantagens da utilização desta mistura, prendem-se com a sua boa estabilidade a elevadas e baixas temperaturas, ajudada pelo esqueleto mineral formado com agregados de elevada qualidade que aumenta o atrito interno e devido ao mastique rico em ligante resultando numa elevada resistência ao desgaste, a mistura SMA, pelo fato de ter um baixo índice de vazios torna-a impermeável e apresenta uma boa resistência ao envelhecimento, baixa sensibilidade à humidade e alta durabilidade. Como pavimento, comparando com os pavimentos tradicionais, tem vantagem na redução do borrimo de água, devido à textura da mistura, ou seja, há diminuição do "spray" de água em dias chuvosos e da mesma forma existe também uma diminuição no reflexo ofuscante noturno na superfície de rolamento, melhorando a visibilidade das sinalizações horizontais do pavimento. Verifica-se também uma redução do nível de ruído pois a granulometria descontínua da mistura SMA reduz consideravelmente a sua emissão, sendo o ruído do tráfego absorvido pela sua macro textura.

Tabela 4.15: Quantidades das misturas de ligação e desgaste aplicados em obra (Socorpena, engenharia e construções)

A.2.3 – INCORPORAÇÃO DE RECICLADOS		
Materiais reciclados ou com incorporação de reciclados [56] inclui [20]	Quantidade estimada (t/ m3) [57] inclui [22]	Quantidade aplicada (t/ m3) [58]
Mistura Betuminosa Descontínua Fabricada a Quente do tipo SMA 11	8740 t	7029 t
Mistura Betuminosa Descontínua Fabricada a Quente do tipo AC 20	0	236 t
Betão	1,25 t	0
Cimento	0	1,25 t
Sinalização horizontal – (tinta + vidro)	0,06 t	0
% obtida de materiais reciclados ou que incorporem materiais reciclados relativamente à quantidade total de matérias-primas usadas em obra:		
	% estimada (alínea c) do quadro 3)	% final obtida
	99	99,8

4.4.2 Aplicação das misturas em obra

Para que seja cumprida a qualidade desejada é de grande importância que o processo de compactação inicie com a mistura a uma temperatura apropriada (120 °C a 140 °C) para tal e viscosidade dinâmica (entre os 2 Pa.s e 20 Pa.s), garantindo a trabalhabilidade apropriada para o processo.

Para a aplicação de mistura betuminosa, foi previamente verificada as condições da camada subjacente, confrontando a superfície com a regularização e rugosidade pretendida para a implementação adequada da mistura. Na superfície da camada subjacente aplicou-se uma rega de colagem (designada em obra de “cola”) podendo garantir uma melhor aderência e colagem da camada a aplicar.

Sendo um dos processos mais importantes da colocação de misturas betuminosas em obra, a compactação proporcionando uma melhoria no comportamento das misturas betuminosas perante a acção do tráfego, pois provoca uma diminuição no volume de vazios nas misturas betuminosas, causando um aumento de atrito entre as partículas, melhorando as ligações entre os agregados e o betume, assim sendo quando sujeita a acção do tráfego, a mistura betuminosa tem uma resposta melhorada à fadiga e as deformações permanentes. Este processo é especificado pelo CE da EP (atual IP).

A granulometria extensa (bem graduada) nas camadas não ligadas é de extrema importância, pois desta forma pode se obter um aumento da densidade relativa para a mesma compactação permitindo maior degradação das cargas pelo atrito gerado entre os elementos.

A pavimentação foi antecedida pela aplicação da rega de colagem, com recurso a camião com cisterna de emulsão, equipada com rampa de rega, distribuindo por meio de aspersores uma quantidade de emulsão betuminosa, pré-definida, na largura da faixa a pavimentar.

Os Camiões foram preparados para transporte de misturas betuminosas, dotados de lona de recobrimento para reduzir o arrefecimento das misturas no transporte.

De seguida, a mistura foi descarregada para a tolva da espalhadora e esta procede ao seu espalhamento e pré compactação, resultante da vibração da mesa, neste caso, em meias faixas. Como a mistura a espalhar foi uma mistura de SMA 11, apenas foi aplicado na compactação um cilindro de rolos, como mostra a figura 4.9.

Passado o tempo necessário ao arrefecimento da mistura, foi retirada a sinalização temporária e os dispositivos de proteção e aberta a via ao transito. A extensão de via a pavimentar por cada intervenção, foi de acordo com o CE.



Figura 4.9: Aplicação da nova mistura betuminosa (Socorpena, engenharia e construções)

4.4.3 Sinalização

Relativamente à sinalização dos trabalhos, instalou-se um conjunto de marcas e sinais, considerados necessários para garantir adequadas condições de circulação e segurança, em

observância do estipulado no D.L. 33/88, de 12 de setembro. Salienta-se que a sinalização adotada, entendeu-se instalar sinais colocada em locais estratégicos que permitam uma leitura rápida e eficiente.

Considera-se extremamente importante, em todo o tipo de obras, a sinalização para a segurança dos trabalhos no sentido de bens e pessoas, sejam eles trabalhadores ou terceiros.

Neste sentido, a equipa técnica afeta à obra, em colaboração com o Departamento de Prevenção e Segurança da empresa, apresentou à Fiscalização um conjunto de normas e procedimentos que depois de aprovados foram aplicados nas frentes de trabalho adotadas.

No que se refere à sinalização dos trabalhos, foram abordadas duas questões distintas, mas igualmente importantes: a sinalização da obra, designadamente no que diz respeito ao plano de sinalização temporária, e a sinalização destinada aos próprios trabalhadores.

4.4.3.1 Sinalização temporária

Previamente à intervenção, de pavimentação ou de fresagem, a equipa de sinalização procedeu à implementação do sistema de sinalização, para passagem de trânsito de forma alternada, com instalação do conjunto tipo F06 com semaforização, como mostra a figura 4.10.

Este kit de sinalização é móvel, e foi mantido corretamente pela equipa adstrita à atividade.

A Sinalização Temporária foi instalada segundo o seguinte faseamento:

Fase 1: Colocação da sinalização no sentido prioritário (sinalização de aproximação e final);

Fase 2: Colocação da sinalização no sentido afetado exceto a sinalização de posição;

Fase 3: Após o início da regularização da circulação alternada por sinalização luminosa ou raquetes de sinalização, colocar a sinalização de posição;

Fase 4 – Delimitar o espaço encerrado ao tráfego com balizas ou cones e colocar sinalização final;

Fase 5 – Desmontar a sinalização pela ordem inversa.



Figura 4.10: Semaforização para alteração na circulação rodoviária (Socorpena, engenharia e construções)

4.4.3.2 Sinalização horizontal

Todas as marcas definitivas, foram executadas em tinta termoplástica a quente e totalmente retrorrefletoras, como mostra a figura 4.11.

As marcações provisórias, foram feitas em tinta acrílica refletora, sobre a qual, posteriormente, foram colocadas as marcas definitivas. O tipo e as dimensões das marcas foram as indicadas no mapa de quantidades e executadas nos locais indicados nas peças desenhadas.

Os trabalhos só foram iniciados após vistoria e aprovação da Fiscalização. A sinalização definitiva foi executada cerca de uma semana após a aplicação das camadas de desgaste, para reduzir a presença de substâncias gordurosas que impeçam a normal aderência da tinta à base betuminosa.

Os recursos previstos foram os indicados anteriormente, recorreu-se à GNR para sinalizar e proteger as equipas de sinalização, em particular as de pintura manual, Stop, Barras de Paragem, Setas de Direção, etc.



Figura 4.11: Sinalização horizontal prevista no projecto (Socorpena, engenharia e construções)

4.4.3.3 Sinalização vertical

A instalação da sinalização vertical em obras de estradas é um processo técnico que visa garantir a segurança viária e a orientação adequada dos usuários da via durante a execução dos serviços. Ela deve obedecer às diretrizes do Manual de Sinalização Temporária e seguir critérios de visibilidade, fixação, posicionamento e resistência.

Os materiais devem ser armazenados em abrigo coberto, sempre que possível, devemos armazenar a sinalização vertical (placas, suportes, cavaletes) em locais cobertos, protegidos da ação direta do sol, chuva e vento, como mostra a figura 4.12.

Piso nivelado e seco, evita a oxidação de suportes metálicos e o apodrecimento de estruturas de madeira.

Ventilação adequada, previne mofo e oxidação dos materiais.

Afastado de tráfego local deve estar fora da zona de circulação de máquinas pesadas e veículos.

A sinalização vertical serve para orientar, advertir e regulamentar o comportamento dos usuários das vias, promovendo segurança e fluidez no trânsito. Ela é composta por placas fixadas em postes ou suportes, colocadas ao lado ou acima das vias públicas ou privadas.



Figura 4.12: Local de armazenamento de sinalização utilizada na empreitada (Socorpena, engenharia e construções)

4.5 Limpezas e remates final na via

Os últimos trabalhos antes da entrega da empreitada foram cruciais, para garantir a conformidade técnica, a segurança dos utentes e o cumprimento contratual. Efetuou-se os seguintes trabalhos:

- Acabamentos na pavimentação

Correção de eventuais falhas no revestimento asfáltico (remendos, desníveis, trincas), ajustes no nivelamento das camadas de rolamento, limpeza da superfície da pista.

- Sinalização definitiva

Pintura da sinalização horizontal (faixas, setas, lombadas), instalação das placas de sinalização vertical (regulamentação, advertência e indicação), colocação de tachões e tachas refletivas.

- Dispositivos de segurança

Instalação de defensas metálicas, barreiras de concreto, guard rails, montagem de cercas, guarda-corpos em pontes, e barreiras de contenção, revisão de passagens de pedestres e lombadas.

- Drenagem final

Valetas e bueiros, reposição de caixas de inspeção danificadas, verificação do escoamento da água durante chuvas (teste dinâmico, se possível).

- Limpeza geral da obra

Retirada de entulho, resíduos e restos de material, limpeza de faixas de domínio e entorno imediato da estrada, remoção de placas de obras e sinalização temporária.

4.6 Controlo de materiais a incorporar em obra e equipamentos a utilizar

Todos os materiais necessários à obra estavam sujeitos à aprovação da Fiscalização. Os encargos com o transporte, cargas e descargas, perdas ou danos, conservação, bem como o estacionamento e o acondicionamento dos materiais consideram-se também incluídos nos preços da Empreitada.

Todos os materiais a incorporar em obra apresentaram as características exigidas pelos regulamentos e normas oficiais portuguesas em vigor à data da execução, em particular as respeitantes ao Decreto Lei nº 4/2007 de 8 de Janeiro, relativo à transposição para o acervo legal português da “Diretiva Produtos da Construção” 89/106/CEE, de 21 de Dezembro de 1988, e comprometemos a realizar todo o controlo necessário, e provar que todos os materiais, as composições, o fabrico e os processos de aplicação foram compatíveis com a respetiva finalidade.

Os critérios de aceitação e os Planos de Amostragem, relativamente aos materiais com incorporação nesta obra, foram sujeitos a aprovação da Fiscalização.

A empresa forneceu à Fiscalização, para aprovação, a documentação comprovativa relativa à aptidão ao uso de acordo com os princípios da marcação CE dos Produtos da Construção de acordo com o estabelecido no diploma legal e o estipulado nas respetivas Especificações Técnicas dos produtos em apreço.

Os materiais rejeitados foram separados e identificados, e prontamente removidos do estaleiro, pela empresa.

Relativamente aos equipamentos colocados em obra, estes foram verificados de modo a determinar se estavam adequados para os trabalhos a desenvolver. A verificação de conformidade incidi igualmente sobre a limpeza e estado de todos os equipamentos, e precede o início de todas as operações associadas às atividades.

A empresa apresentou certificados de calibração de todos os aparelhos de medida que utilizar, e meteu em prática registos que evidenciem o cumprimento dos procedimentos especificados e teve em atenção, que os submeteu previamente à aprovação da Fiscalização.

4.6.1 Controlo de produto não conforme

A empresa estabeleceu metodologias que permitem identificar o produto não conforme com os requisitos especificados.

Esta identificação de produto não conforme (“não conformidade”) destinou-se essencialmente a equacionar a sua utilização, impedir a sua incorporação involuntária nos trabalhos e posterior entrega ao cliente.

A empresa estabeleceu um procedimento documentado que assegurou os seguintes aspetos:

- Os materiais, produtos ou trabalhos não conformes são identificados e, quando possível, segregados, de forma a impedir que sejam utilizados ou instalados inadvertidamente;
- A decisão quanto ao destino a dar a esse produto é tomada pela função a quem foi atribuída tal responsabilidade;
- Os produtos em não conformidade são devidamente registados;
- Em caso de reparação ou substituição, esses produtos são sujeitos novamente a inspeção e/ou ensaio.

Nesse sentido, a empresa implementou procedimentos para o tratamento das não conformidades apesar de todos os controlos, a eventual entrega de produtos não conformes ao dono de obra esteve equacionada pela empresa, no que diz respeito ao lançamento de acções corretivas compatíveis com a gravidade da não conformidade.

A melhoria contínua foi procurada de forma inequívoca e assegurada essencialmente com o recurso aos seguintes instrumentos:

- Manutenção da validade de Política da Qualidade;

A empresa estabeleceu práticas tendentes a reduzir e eliminar as causas das não conformidades, entretanto detetadas, para as quais são definidas Ações apropriadas.

- Determinação das causas das não conformidades;
- Definição e implementação das acções necessárias incluindo identificação de responsáveis e prazos;
- Registo dos resultados das ações empreendidas;

A empresa possui regras capazes de antecipar este controlo, reduzindo e eliminando as causas das potenciais não conformidades, com recurso a ações preventivas.

4.6.2 Plano de gestão e prevenção de resíduos

Em virtude das atividades desenvolvidas no âmbito da referida instalação, foram produzidos resíduos de diferentes tipologias, tais como:

- Betumes;
- Misturas betuminosas;
- Misturas de resíduos sólido e equiparados.

Para uma correta gestão ambiental destes resíduos, atuou-se de modo a cumprir a legislação ambiental em vigor, nomeadamente o constante no Decreto-Lei n.º 102-D/2020 de 10 de dezembro que, transpondo as Diretivas (UE) 2018/849, 2018/850, 2018/851 e 2018/852, entre outros assuntos:

- Aprova Regime geral da gestão de resíduos;
- Altera o regime da gestão de fluxos específicos de resíduos.

Os depósitos de betume e o gerador encontrava-se ambos inseridos numa bacia de retenção, cujo dimensionamento é suficiente para reter a totalidade dos resíduos armazenado em condições de emergência, ou seja, eventuais derrames. Esta bacia foi construída com recurso a blocos e cimento e impermeabilizada. Esta possui uma saída que, quando aberta, encaminha o conteúdo armazenado (derrames não significativos) para o separador de hidrocarbonetos.

A produção de resíduos sólidos urbanos (papel, embalagens e resíduos indiferenciados) resultou das diferentes atividades humanas desenvolvidas pelos trabalhadores afetos à obra relacionadas com os serviços sanitários, gabinetes dos serviços administrativos, entre outras.

Estes resíduos foram sujeitos a operações de segregação, acondicionamento, armazenamento e transporte para destino final adequado, de acordo com o disposto no Decreto – Lei n.º 239/97 de 9 de setembro.

No geral, os resíduos foram acondicionados em recipientes específicos para o efeito, de forma a não misturar diferentes espécies químicas.

O tipo de recipiente a utilizar foi variável, consoante a natureza e a quantidade dos resíduos a acondicionar, de modo minimizar os impactes decorrentes da produção de resíduos, principalmente ao nível da contaminação de solos e águas e da emissão de odores.

O armazenamento dos resíduos produzidos foi efetuado, na sua maioria, no estaleiro, em áreas diferenciadas para os diversos tipos de resíduos, por forma a evitar mistura de resíduos de origem distinta, bem como, precaver a deterioração da qualidade dos mesmos.

Uma vez atingidas as quantidades desejáveis dos resíduos armazenados, procedeu-se ao encaminhamento destes para destino final adequado, de acordo com o disposto na legislação aplicável em vigor.

Para uma melhor visualização da gestão dos resíduos produzidos, apresentamos a tabela 4.16, para cada uma das tipologias de resíduos produzidos, a respetiva classificação pela Lista Europeia de Resíduos - disposta na Decisão da Comissão de 16 de janeiro - o grau de perigosidade, as atividades dos quais resultam, o acondicionamento, armazenamento e destino final dado aos mesmos.

Na tabela seguinte, segue os resíduos produzidos durante a atividade em causa. Estes resíduos estão enquadrados no código de operação R12.

Tabela 4.16: Gestão de resíduos e sua tipologia (Socorpna, engenharia e construção)

Resíduos produzidos	Designação/código	Perigosidade	Local de origem	Acondicionamento	Armazenamento	Destino final
Materiais filtrantes	150202-absorventes incluindo filtros de óleo não especificados, panos de limpeza e vestuários de proteção contaminados por substâncias perigosas	Perigoso	Central betum minoso (manutenção de equipamentos)	Em bidão	Zona da central betuminosa	Palmiresíduos-combustíveis e resíduos LDA R12
Misturas betuminosas	170302-Misturas betuminosas não abrangidas em 170301	Não perigosa	central de betuminoso	Em pilha	Zona da central betuminosa	Reutilização
óleos	130208-Outros óleos de motores Transmissões e lubrificações	Perigoso	Central de betuminoso (manutenção de equipamentos)	Contentores da ECOLUB	Zona da central betuminosa	Palmiresíduos-combustíveis e resíduos LDA R12
Ferro e suatas	170405-Ferro e aço	Não perigosa	Central de betuminoso (manutenção e substituição de equipamentos)	Em bidão	Zona da central betuminosa	Palmiresíduos-combustíveis e resíduos LDA R12
Sólidos urbanos e equipamentos	200399-Sólidos urbanos e equiparados	Não perigosa	Vários locais	Em bidão	Zona da central betuminosa	Palmiresíduos-combustíveis e resíduos LDA R12

5 Conclusão

Todos os pavimentos rodoviários, depois de um longo tempo de vida, são submetidos a diversos factores, tais como, os ambientais, que conduzem a uma progressiva degradação da sua qualidade inicial, assim, pensa-se de antemão em políticas de conservação desta infraestrutura, estabelecendo um programa de acompanhamento da evolução de pavimentos, no sentido de apoiar a decisão de intervir em determinada altura, de modo a repor a qualidade dos mesmos num período pré-definido.

A preservação ou correção das suas características funcionais é possível utilizando técnicas de conservação e reabilitação que cada vez mais se têm evoluído a medida que o tempo passa em diversos países.

As exigências dos utentes quanto ao conforto e segurança de circulação, e referem-se fundamentalmente às características de regularidade longitudinal e transversal, textura, geração de ruído, atrito e drenabilidade do pavimento, enquanto que as características estruturais estão relacionadas com a capacidade do pavimento para suportar as cargas dos veículos para que foi projectado. ambas as características estão relacionadas entre si.

Quando se toma a decisão de reabilitar um pavimento, levamos sempre em conta, a determinados critérios que vão nos permitir avaliar e ao mesmo tempo seleccionar a técnica de conservação e reabilitação que pode ser adotada, pensando sempre nos factores económico, ambiental e social.

Foram revistas um conjunto de acções com o objectivo de promover uma melhoria das características dos pavimentos, em particular as características estruturais, face às novas solicitações previstas para um novo período de vida. Destacaram-se as técnicas de reforço tradicional de pavimentos flexíveis e da reciclagem de pavimentos.

Com este trabalho pretendeu-se, avaliar a eficácia de técnicas mais sustentáveis, como a reciclagem de pavimentos rodoviários, como soluções alternativas face à existência de técnicas de reabilitação convencionais, nomeadamente, quando aplicadas à reabilitação de pavimentos de baixo volume de tráfego. Esta comparação teve por base uma análise estrutural, económica e ambiental.

Foi apresentado um caso de estudo, referente à reabilitação estrutural do pavimento da EN 101, no qual foi aplicada uma solução de reciclagem, em mistura betuminosas SMA 11 e AC20.

Os trabalhos resultantes da empreitada no presente período refletiram um bom encaminhamento a nível ambiental. A gestão dos resíduos foi organizada de forma a causar

o mínimo de impacto possível. Na sua maioria, os resíduos foram encaminhados para os devidos locais autorizados.

O cumprimento de um horário diurno de trabalho da empreitada minimiza as alterações provocadas a nível de ruído para uma situação aceitável. As águas residuais domésticas que resultam do sanitário químico foram devidamente encaminhadas pelo Grupo Vendap, foi apenas necessária a correta verificação/gestão da intervenção semanal de limpeza da empresa e respetiva recolha das águas.

Apesar da necessária adaptação por parte dos motoristas, o trânsito foi devidamente ajustado e orientado com recurso a sinalização rodoviária.

6. Bibliografia

Antunes M.L (1993) – Avaliação da capacidade de cargas de pavimentos utilizando ensaios dinâmicos. Tese de Doutoramento, Laboratório Nacional de Engenharia Civil e Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, Portugal.

Alcomoa, engenharia e serviços.

Almeida, L. (2013). Técnicas de Conservação e de Reabilitação para Pequenas Reparações de Pavimentos Rodoviários, Dissertação de Mestrado, Universidade da Beira Interior, Covilhã.

AIPCR (1990) – Dictionaire technique routier (6° édition, 1990), Français – Anglais – Association internationale permanente des congres de la route / permanent international association of road congresses, Paris, France.

Alkins, A.E., Kazmierowski, T., Lane, B. (2008). Sustainable Pavements - Environmental, Economic and social benefits of in situ pavement recycling, Quantifying Sustainability in Pavement Rehabilitation Projects Session of the 2008 Annual Conference of the Transportation Association of Canada, Toronto, Ontario.

APORBET (1998), Misturas betuminosas – contribuição para normalização do fabrico e aplicação. Materiais e tipos de misturas, processos construtivos. Associação Portuguesa de fabricantes de misturas betuminosas, Agosto de 1998, Portugal.

Asphalt Institute IS-178 (1987) – Alternatives in pavements maintenance, rehabilitation and reconstruction. Information serie N° 178, Second Edition, Asphalt Institute, Asphalt Institute Building College Park, Maryland 20740-1802, EUA. Outubro de 1993.

Antunes M.L; Batista, F.A; Gonçalves, J.P (2000c), Estudos relativos a misturas densas a frio. 1° Congresso Rodoviário Português, Estrada 2000 LNEC, Lisboa, Portugal, 28 a 30 de Novembro, Volume III, pp, 471 a 485.

Antunes M.L; Batista, F.A; Domingos, P.M (2001c) – Acompanhamento de obra de pavimentação do IC1 – Nó de Viana / Nó de Meadela (1° fase) e variante à EN202 entre o Nó de Meadela e a EM526. 1° Relatório, LNEC, Rel°, Proc° 92/1/14578, Lisboa, Novembro de 2001.

Antunes, M.L; Eusebio, M.I; Sá da Costa, M; Miranda, C.V (2000a) – Characterisation of asphalt rubber mixtures for pavement rehabilitation projects in Portugal. Proceeding of the

asphalt rubber 2000 conference. Vilamoura Portugal, 14 a 17 de Novembro de 2000. Jorge B. Sousa (eds), pp. 285-307.

Arrieiro, P (2007) – Controlos construtivos utilizados em Obras de Reciclagem profunda, PAVISAN. Brasil. Setembro 2007.

Azevedo, Maria da Conceição Monteiro, Sistemas de gestão de pavimentos. Manual de utilização, EP – Estradas de Portugal EPE, Almada 2004.

Azevedo, Maria da Conceição Monteiro, Reciclagem de pavimentos a quente em central, Curso – Conservação de estradas, EPE, Almada 2005.

Azevedo M.C (1993), características mecânicas de misturas betuminosas para camadas de base de pavimentos. Tese de Doutoramento, Laboratório Nacional de Engenharia Civil e Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, Portugal, Maio de 1993.

Azevedo, M.d.C. (2009a). Construção e Reabilitação de Pavimentos - Reciclagem de Pavimentos, Instituto de Infra-Estruturas Rodoviárias IP.

Azevedo e Cardoso (2003) - Azevedo Maria da Conceição Monteiro, Mario Cardoso: Reciclagem a quente em central betuminosa, II Jornadas Técnicas de Pavimentos Rodoviários – Reciclagem de pavimentos, FEUP, 2005.

Azevedo, M. da C., 2012. Construção e Reabilitação de Pavimentos - Ligantes Betuminosos. Trabalho realizado para o InIR pela empresa CAeMD, Instituto de Infra-Estruturas Rodoviárias.

Batista, F.A. (2004). Misturas Betuminosas Densas a Frio, Tese de Doutoramento, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

Batista, F.A., 2005. Conservação e Reabilitação de Pavimentos Rodoviários - Novas Técnicas de Reabilitação de Pavimentos. Apontamentos da disciplina Pavimentos Rodoviários, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Benta, A., 2008. Apontamentos das aulas de Conservação e Reabilitação de Pavimentos. Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Aveiro.

Benta, A., 2012. Apontamentos das aulas de Conservação e Reabilitação de Pavimentos. Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Aveiro.

Branco, F., Pereira, P., Santos, L.P. (2005). Pavimentos Rodoviários, Almedina.

Branco, F., Ferreira, P., e picado-Santos, L. (2006). "Pavimentos Rodoviários". Almedina, Coimbra.

Branco, F. E., Pereira, P. A., & Santos, L. G. - Pavimentos Rodoviários (3ª Reimpressão ed.). Editora Almedina - Coimbra 2008 (BRANCO, PEREIRA, & SANTOS, 2008)

Byrne, D, A (2005) – Recycling of asphalt pavements in new bituminous mixes, Napier University – School of built environment.

Cordeiro, A.D. (2009). Reciclagem "Semiquente" em central - EN 244 - Entre Ponte de Sôr e o Entroncamento com a EN 118 (Gavião), 2ª Jornadas CEPSA Betumes/CRP - Poupança: energia e recursos naturais, EP -Estradas de Portugal, S.A.

COST 343 (2001), Final Report – COST Action 343 – Reduction on Roads Closures by Improved Maintenance Procedures, Work Packages 1 – Maintenance Options. European Commission, Research DG, European Research Area: Structural Aspects e FEHRL – Forum of European National Highway Research Laboratories.

Cunha, C.M. (2010). Reciclagem de pavimentos rodoviários flexíveis - Diferentes tipos de reciclagem, Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa.

David, D., 2006. Misturas Asfálticas Recicladas a Frio: Estudo em laboratório utilizando emulsão e agente de reciclagem emulsionado. Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

EAPA (1995), Recycling technologies in Europa. European Asphalt pavement Association, Breukelen, Holanda.

EAPA (1998) – Diretivas ambientais sobre melhorias técnicas disponíveis (BAT) para a produção de misturas betuminosas. European Asphalt Pavement Association, Holanda (APORBET, Portugal).

Estradas de Portugal, 2012. Caderno de Encargos Tipo Obra. Capítulo 14.03-Pavimentação, Características dos Materiais, EP - Estradas de Portugal S.A., Lisboa.

Estradas de Portugal, Setembro de 2014 (15.03 Pavimentos, métodos construtivos).

FHWA e FP (2005) – Federal highway transportation and Foundation for pavement preservation "cold in place asphalt recycling application checklist. US department of transportation Nº FHWA – IF – 06 -0 -12 November 2005.

Fontul, S., 2004. Structural Evaluation of Flexible Pavements Using Non-Destructive Tests. Tese de Doutoramento, Lisboa.

Frobel, T; Veith, G (2002) – Cold Recycling with Foamed Bitumen: An Innovative Technology for structural road rehabilitation. European Road review, special issue, RGRA 2, 2002.

Gomes, L.S. (2005). Reciclagem de Misturas Betuminosas a Quente em Central, Tese de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

Jacinto, M. (2003). Caracterização Estrutural de Pavimentos, Dissertação de Mestrado, FEUP, Porto.

JAÉ (1995). Manual De Concepção De Pavimentos Para a Rede Rodoviária Nacional, Junta Autónoma de Estradas.

Jimenez, F.E.P. (2014a). Manual de Pavimentação - betumes, Universidade Politécnica da Catalunha e a Direção Técnica da CEPESA-PROAS, Espanha.

Martinho, F. (2005). Reciclagem de Pavimentos - Estado da Arte, Situação Portuguesa e Seleção do Processo Construtivo, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra.

Meneses, S. e Ferreira, A. (2013). "Pavement maintenance programming considering two objectives: maintenance costs and user costs", International Journal of Pavement Engineering, Vol. 14, Issue 2, pp. 206-221.

Nunes, M.G.F. (2008). Reciclagem de Pavimentos "in situ" a Frio com Emulsão Betuminosa - A Experiência Portuguesa, Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa.

OCDE (1987) System de gestion des chaussees. Organization de cooperation et de developpement economiques, Paris, France.

OCDE (1997) Stratége de Recclage dans les Travaux routier. Organisation de Cooperation et de Développement Économique, Paris, France.

Pereira, P. e Miranda, C. (1999). "Gestão da Conservação dos Pavimentos Rodoviários". Universidade do Minho, Braga.

Pavimentos asfálticos, reforço de camadas de asfaltos em estradas e áreas de tráfego (Tensar).

Peixoto, R. (2014). Avaliação de metodologias de dimensionamento de pavimentos de baixo volume de tráfego muito pesado, Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, Guimarães.

Plano de prevenção e gestão de resíduos de construção (Socorpena, engenharia e construção).

Powel, W. d (1984); Potter, J. F; Mayhew, H, C; Nunn, M.E (1984) – Strustural design of betuminous roads. TRRL Laboratory Report LR 1132, Transport and road research Laboratory, Crowthome, R.U.

Quaresma L.M (1992) - Estudos relativos a pavimentos semí-rígidos. Dimensionamento e observação. Tese para acesso à categoria de investigador-auxiliar e para obtenção de grau de especialista, LNEC, Portugal.

Relatório mensal de acompanhamento ambiental (Socorpena, engenharia e construção).

Ribeiro, J, Q (2003) – Reciclagem a frio com espuma de betume. II Jornadas Técnicas de Pavimentos Rodoviários – Reciclagem de pavimentos, FEUP, Porto, Portugal, 30 de maio de 2003, pp. 5.1 – 5.15.

Santos, B., 2009. Bases Granulares de Agregado Reciclados. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Aveiro.

Santos, M.J.L., 2009. Dimensionamento de camadas de reforço de pavimentos rodoviários flexíveis. Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Aveiro.

Serfass, J.P (2002) – Advantages perculiariies and msteries of emulsion cold mixes. Cola (ed) – Emulsion Cold Mixes. Specific features and new design method, COLA SA, Magny-Les Hameaux, France, pp.3/11.

Silva, D. (2014). Avaliação da sustentabilidade de diferentes soluções de reabilitação de pavimentos urbanos betuminosos, Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, Guimarães.

Texeira, A; Rodrigues, R; Azevedo, M.C. (2003) – Betume espuma - 1º Experiência em Portugal, II Jornadas técnicas de pavimentos rodoviários – Reciclagem de pavimentos FEUP, Porto, Portugal, 30 de Maio de 2003, pp.12.1 – 12.14.

Vieira, L (2003) – Reciclagem semí-quente em central. II Jornadas técnicas de pavimentos rodoviários – Reciclagem de pavimentos, FEUP, Porto, Portugal, 30 de Maio de 2003, pp.101 – 10.11.

Vicente, A.M.M. (2006). A utilização de betumes modificados com borracha na reabilitação de pavimentos flexíveis Tese de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

Wirtgen Gmbh (2001a) – Rhabilitation of heavel trafficed road. Pavement investigation and construction report. Wirtgem Gmbh, Windhagem, Grmany, 29p.

Wirtgen (2012). Wirtgen Cold Recycling Technology Wirtgen Group Company, Alemanha.

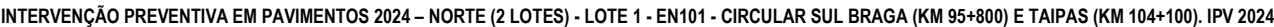
ANEXOS

PLANO DE TRABALHOS

Prazo de Execução: 90 Dias

INTERVENÇÃO PREVENTIVA EM PAVIMENTOS 2024 – NORTE (2 LOTES) - LOTE 1 - EN101 - CIRCULAR SUL BRAGA (KM 95+800) E TAIPAS (KM 104+100). IPV 2024

ID	Art.	Nome da Tarefa	Quant.	Início	Fim	Duração	Tri 4, 2024															
							Out '24				Nov '24				Dez '24			Jan '25				
							42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	
76	m	Linha branca contínua (LBC):	0,13	Seg 13/01/25	Ter 14/01/25	2 d																
77	m	Linha branca tracejada de aviso (LBTA):	0,13	Seg 13/01/25	Ter 14/01/25	2 d																
78	m	Linha branca tracejada (LBT):	0,13	Seg 13/01/25	Ter 14/01/25	2 d																
79	m	Guias:	0,13	Seg 13/01/25	Ter 14/01/25	2 d																
80	un	Setas de desvio:	2,59	Seg 13/01/25	Ter 14/01/25	2 d																
81		KM 98+600 / KM 101+250	0	Sex 13/12/24	Qui 16/01/25	25 d																
82		Pavimentação	0	Sex 13/12/24	Ter 31/12/24	13 d																
83		Regas betuminosas de impregnação, colagem e cura:	0	Sex 13/12/24	Ter 31/12/24	13 d																
84		Rega de colagem: Com emulsão modificada	0	Sex 13/12/24	Ter 31/12/24	13 d																
85		Camadas de misturas betuminosas a quente:	0	Sex 13/12/24	Ter 31/12/24	13 d																
86		Camada de desgaste: Mistura Betuminosa Descontínua Fabricac	0	Sex 13/12/24	Ter 31/12/24	13 d																
87		Alteamento das tampas e aros das caixas de visita de serviços e infi	0	Sex 13/12/24	Ter 31/12/24	13 d																
88		Equipamentos de Sinalização e Segurança	0	Qua 15/01/25	Qui 16/01/25	2 d																
89	m	Linha branca contínua (LBC):	0,13	Qua 15/01/25	Qui 16/01/25	2 d																
90	m	Linha branca tracejada de aviso (LBTA):	0,13	Qua 15/01/25	Qui 16/01/25	2 d																
91	m	Linha branca tracejada (LBT):	0,13	Qua 15/01/25	Qui 16/01/25	2 d																
92	m	Guias:	0,13	Qua 15/01/25	Qui 16/01/25	2 d																
93	un	Marcas Transversais:	2,59	Qua 15/01/25	Qui 16/01/25	2 d																
94	un	Inscrições STOP	2,59	Qua 15/01/25	Qui 16/01/25	2 d																
95	un	Setas de desvio:	2,59	Qua 15/01/25	Qui 16/01/25	2 d																
96		KM 101+750 / KM 102+400	0	Qua 01/01/25	Seg 20/01/25	14 d																
97		Pavimentação	0	Qua 01/01/25	Seg 06/01/25	4 d																
98		Regas betuminosas de impregnação, colagem e cura:	0	Qua 01/01/25	Seg 06/01/25	4 d																
99		Rega de colagem: Com emulsão modificada	0	Qua 01/01/25	Seg 06/01/25	4 d																
100		Camadas de misturas betuminosas a quente:	0	Qua 01/01/25	Seg 06/01/25	4 d																
101		Camada de desgaste: Mistura Betuminosa Descontínua Fabricada a Quente do tipo SMA 11 (surf PMB 45/80-65), com 0,04m de espessura	0	Qua 01/01/25	Seg 06/01/25	4 d																
102		Alteamento das tampas e aros das caixas de visita de serviços e infi	0	Qua 01/01/25	Seg 06/01/25	4 d																
103		Equipamentos de Sinalização e Segurança	0	Sex 17/01/25	Seg 20/01/25	2 d																
104	m	Linha branca contínua (LBC):	0,13	Sex 17/01/25	Seg 20/01/25	2 d																
105	m	Linha branca tracejada de aviso (LBTA):	0,13	Sex 17/01/25	Seg 20/01/25	2 d																
106	m	Linha branca tracejada (LBT):	0,13	Sex 17/01/25	Seg 20/01/25	2 d																
107	m	Guias:	0,13	Sex 17/01/25	Seg 20/01/25	2 d																
108	un	Marcas Transversais:	2,59	Sex 17/01/25	Seg 20/01/25	2 d																
109	un	Outras marcas:	2,59	Sex 17/01/25	Seg 20/01/25	2 d																
110	un	Inscrições STOP	2,59	Sex 17/01/25	Seg 20/01/25	2 d																
111	un	Setas de selecção com 6,0 m:	2,59	Sex 17/01/25	Seg 20/01/25	2 d																
112		KM 104+150 / KM 104+300	0	Ter 07/01/25	Qua 08/01/25	2 d																
113		Pavimentação	0	Ter 07/01/25	Qua 08/01/25	2 d																
114		Regas betuminosas de impregnação, colagem e cura:	0	Ter 07/01/25	Qua 08/01/25	2 d																
115		Rega de colagem: Com emulsão modificada	0	Ter 07/01/25	Qua 08/01/25	2 d																
116		Camadas de misturas betuminosas a quente:	0	Ter 07/01/25	Qua 08/01/25	2 d																
117		Camada de desgaste: Mistura Betuminosa Descontínua Fabricada a Quente do tipo SMA 11 (surf PMB 45/80-65), com 0,04m de espessura	0	Ter 07/01/25	Qua 08/01/25	2 d																
118	vg	Sinalização temporária:	0	Qua 23/10/24	Seg 20/01/25	90 d																
119		Estaleiro	0	Qua 23/10/24	Seg 20/01/25	90 d																
120		Montagem e desmontagem do estaleiro	0	Qua 23/10/24	Seg 20/01/25	90 d																
121		Implementação do Acompanhamento Ambiental da Empreitada, incluindo os meios humanos, materiais e equipamentos	0	Qua 23/10/24	Seg 20/01/25	90 d																
122		Implementação do Plano de Prevenção e Gestão de Resíduos de Construção e Demolição (PPGRCD) da empreitada	0	Qua 23/10/24	Seg 20/01/25	90 d																
123		Desenvolvimento das Atividades Técnicas de Segurança no Trabalho	0	Qua 23/10/24	Seg 20/01/25	90 d																
124		RECEÇÃO PROVISÓRIA	0	Seg 20/01/25	Seg 20/01/25	0 d																

Prazo: 90 Dias

PLANO DE MÃO-DE-OBRA

INTERVENÇÃO PREVENTIVA EM PAVIMENTOS 2024 – NORTE (2 LOTES) - LOTE 1 - EN101 - CIRCULAR SUL BRAGA (KM 95+800) E TAIPAS (KM 104+100). IPV 2024

ID	Art.	Nome da Tarefa																											
			M1				M2				M3				M4				M5				M6						
			42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	M
		Motorista de pesados								100%																			
		Servente								200%																			
28	un	Outras marcas:																											
		Pintor de sinalização rodoviária								200%																			
		Motorista de pesados								100%																			
		Servente								200%																			
29	un	Inscrições STOP																											
		Pintor de sinalização rodoviária								200%																			
		Motorista de pesados								100%																			
		Servente								200%																			
30	un	Setas de desvio:																											
		Pintor de sinalização rodoviária								200%																			
		Motorista de pesados								100%																			
		Servente								200%																			
31		KM 102+400 / KM 104+150																											
32		Pavimentação																											
33		Regas betuminosas de impregnação, colagem e cura:																											
34		Rega de colagem: Com emulsão modificada																											
		Espalhador de betuminoso					100%	100%	100%																				
		Motorista de pesados					100%	100%	100%																				
35		Trabalhos especiais de pavimentação:																											
36		Fresagem de camadas de pavimentos existentes, em misturas betuminosas																											
		Chefe de equipa					100%	100%	100%																				
		Condutor manobrador					400%	400%	400%																				
		Motorista de pesados					900%	900%	900%																				
		Servente					200%	200%	200%																				
37		Camadas de misturas betuminosas a quente:																											
38		Camada de desgaste: Mistura Betuminosa Descontínua Fabricada a Quente																											
		Encarregado de betuminosos					100%	100%	100%																				
		Espalhador de betuminoso					300%	300%	300%																				
		Condutor manobrador					400%	400%	400%																				
		Motorista de pesados					600%	600%	600%																				
		Servente					200%	200%	200%																				
		Central Betuminoso - SIM Speedybatch 210					100%	100%	100%																				
39		Alteamento das tampas e aros das caixas de visita de serviços e infra-estruturas																											
		Condutor manobrador					100%	100%	100%																				
		Servente					200%	200%	200%																				
40		Equipamentos de Sinalização e Segurança																											
41	m	Linha branca contínua (LBC):																											
		Motorista de pesados								100%																			
		Servente								200%																			
42	m	Linha branca tracejada de aviso (LBTA):																											
		Motorista de pesados								100%																			
		Servente								200%																			
43	m	Linha branca tracejada (LBT):																											
		Motorista de pesados								100%																			
		Servente								200%																			
44	m	Guias:																											
		Motorista de pesados								100%																			
		Servente								200%																			
45	un	Marcas Transversais:																											
		Pintor de sinalização rodoviária								200%																			
		Motorista de pesados								100%																			
		Servente								200%																			
46	un	Outras marcas:																											
		Pintor de sinalização rodoviária								200%																			
		Motorista de pesados								100%																			
		Servente								200%																			
47	un	Triângulo de cedência de prioridade:																											
		Pintor de sinalização rodoviária								200%																			
		Motorista de pesados								100%																			
		Servente								200%																			
48	un	Inscrições STOP																											
		Pintor de sinalização rodoviária								200%																			

PLANO DE MÃO-DE-OBRA

INTERVENÇÃO PREVENTIVA EM PAVIMENTOS 2024 – NORTE (2 LOTES) - LOTE 1 - EN101 - CIRCULAR SUL BRAGA (KM 95+800) E TAIPAS (KM 104+100). IPV 2024

ID	Art.	Nome da Tarefa																																																
			M1					M2					M3					M4					M5					M6					M7																	
		Motorista de pesados	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19																		
		Servente								100%																																								
49	un	Setas de selecção com 6,0 m:								200%																																								
		Pintor de sinalização rodoviária								200%																																								
		Motorista de pesados								100%																																								
		Servente								200%																																								
50	un	Setas de desvio:																																																
		Pintor de sinalização rodoviária								200%																																								
		Motorista de pesados								100%																																								
		Servente								200%																																								
51		Intervenção Tipo 2																																																
52		KM 95+600 / KM 95+950																																																
53		Pavimentação																																																
54		Regas betuminosas de impregnação, colagem e cura:																																																
55		Rega de colagem: Com emulsão modificada																																																
		Espalhador de betuminoso								100%																																								
		Motorista de pesados								100%																																								
56		Camadas de misturas betuminosas a quente:																																																
57		Camada de desgaste: Mistura Betuminosa Descontínua Fabricada a Quente																																																
		Encarregado de betuminosos								100%																																								
		Espalhador de betuminoso								300%																																								
		Condutor manobrador								400%																																								
		Motorista de pesados								600%																																								
		Servente								200%																																								
		Central Betuminoso - SIM Speedybatch 210								100%																																								
58		Alteamento das tampas e aros das caixas de visita de serviços e infra-estruturas																																																
		Condutor manobrador								100%																																								
		Servente								200%																																								
59		Equipamentos de Sinalização e Segurança																																																
60	m	Linha branca contínua (LBC):																																																
		Motorista de pesados														100%																																		
		Servente														200%																																		
61	m	Linha branca tracejada (LBT):																																																
		Motorista de pesados														100%																																		
		Servente														200%																																		
62	m	Guias:																																																
		Motorista de pesados														100%																																		
		Servente														200%																																		
63	un	Marcas Transversais:																																																
		Pintor de sinalização rodoviária														200%																																		
		Motorista de pesados														100%																																		
		Servente														200%																																		
64	un	Outras marcas:																																																
		Pintor de sinalização rodoviária														200%																																		
		Motorista de pesados														100%																																		
		Servente														200%																																		
65	un	Triângulo de cedência de prioridade:																																																
		Pintor de sinalização rodoviária														200%																																		
		Motorista de pesados														100%																																		
		Servente														200%																																		
66	un	Inscrições STOP																																																
		Pintor de sinalização rodoviária														200%																																		
		Motorista de pesados														100%																																		
		Servente														200%																																		
67	un	Setas de selecção com 6,0 m:																																																
		Pintor de sinalização rodoviária														200%																																		
		Motorista de pesados														100%																																		
		Servente														200%																																		
68		KM 97+350 / KM 98+100																																																
69		Pavimentação																																																
70		Regas betuminosas de impregnação, colagem e cura:																																																
71		Rega de colagem: Com emulsão modificada																																																
		Espalhador de betuminoso														100%																																		
		Motorista de pesados														100%																																		

PLANO DE MÃO-DE-OBRA

INTERVENÇÃO PREVENTIVA EM PAVIMENTOS 2024 – NORTE (2 LOTES) - LOTE 1 - EN101 - CIRCULAR SUL BRAGA (KM 95+800) E TAIPAS (KM 104+100). IPV 2024

ID	Art.	Nome da Tarefa																										
			M1 42	43	44	45	M2 46	47	48	49	M3 50	51	52	1	2	M4 3	4	5	6	M5 7	8	9	10	M6 11	12	13	14	15
72		Camadas de misturas betuminosas a quente:																										
73		Camada de desgaste: Mistura Betuminosa Descontínua Fabricada a Quente																										
		Encarregado de betuminosos									100%																	
		Espalhador de betuminoso									300%																	
		Condutor manobrador									400%																	
		Motorista de pesados									600%																	
		Servente									200%																	
		Central Betuminoso - SIM Speedybatch 210									100%																	
74		Alteamento das tampas e aros das caixas de visita de serviços e infra-estruturas																										
		Condutor manobrador									100%																	
		Servente									200%																	
75		Equipamentos de Sinalização e Segurança																										
76	m	Linha branca contínua (LBC):																										
		Motorista de pesados															100%											
		Servente															200%											
77	m	Linha branca tracejada de aviso (LBTA):																										
		Motorista de pesados															100%											
		Servente															200%											
78	m	Linha branca tracejada (LBT):																										
		Motorista de pesados															100%											
		Servente															200%											
79	m	Guias:																										
		Motorista de pesados															100%											
		Servente															200%											
80	un	Setas de desvio:																										
		Pintor de sinalização rodoviária																										
		Motorista de pesados															200%											
		Servente															100%											
																	200%											
81		KM 98+600 / KM 101+250																										
82		Pavimentação																										
83		Regas betuminosas de impregnação, colagem e cura:																										
84		Rega de colagem: Com emulsão modificada																										
		Espalhador de betuminoso									100%	100%	100%	100%														
		Motorista de pesados									100%	100%	100%	100%														
85		Camadas de misturas betuminosas a quente:																										
86		Camada de desgaste: Mistura Betuminosa Descontínua Fabricada a Quente																										
		Encarregado de betuminosos									100%	100%	100%	100%														
		Espalhador de betuminoso									300%	300%	300%	300%														
		Condutor manobrador									400%	400%	400%	400%														
		Motorista de pesados									600%	600%	600%	600%														
		Servente									200%	200%	200%	200%														
		Central Betuminoso - SIM Speedybatch 210									100%	100%	100%	100%														
87		Alteamento das tampas e aros das caixas de visita de serviços e infra-estruturas																										
		Condutor manobrador									100%	100%	100%	100%														
		Servente									200%	200%	200%	200%														
88		Equipamentos de Sinalização e Segurança																										
89	m	Linha branca contínua (LBC):																										
		Motorista de pesados															100%											
		Servente															200%											
90	m	Linha branca tracejada de aviso (LBTA):																										
		Motorista de pesados															100%											
		Servente															200%											
91	m	Linha branca tracejada (LBT):																										
		Motorista de pesados															100%											
		Servente															200%											
92	m	Guias:																										
		Motorista de pesados															100%											
		Servente															200%											
93	un	Marcas Transversais:																										
		Pintor de sinalização rodoviária																										
		Motorista de pesados															200%											
		Servente															100%											
																	200%											
94	un	Inscrições STOP																										
		Pintor de sinalização rodoviária																										
																	200%											

PLANO DE MÃO-DE-OBRA

INTERVENÇÃO PREVENTIVA EM PAVIMENTOS 2024 – NORTE (2 LOTES) - LOTE 1 - EN101 - CIRCULAR SUL BRAGA (KM 95+800) E TAIPAS (KM 104+100). IPV 2024

ID	Art.	Nome da Tarefa																											
			M1				M2				M3				M4			M5				M6							
			42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	M
		<i>Motorista de pesados</i>														100%													
		<i>Servente</i>														200%													
95	un	Setas de desvio:																											
		<i>Pintor de sinalização rodoviária</i>														200%													
		<i>Motorista de pesados</i>														100%													
		<i>Servente</i>														200%													
96		KM 101+750 / KM 102+400																											
97		Pavimentação																											
98		Regas betuminosas de impregnação, colagem e cura:																											
99		Rega de colagem: Com emulsão modificada																											
		<i>Espalhador de betuminoso</i>												100%	100%														
		<i>Motorista de pesados</i>												100%	100%														
100		Camadas de misturas betuminosas a quente:																											
101		Camada de desgaste: Mistura Betuminosa Descontínua Fabricada a Quente																											
		<i>Encarregado de betuminosos</i>												100%	100%														
		<i>Espalhador de betuminoso</i>												300%	300%														
		<i>Condutor manobrador</i>												400%	400%														
		<i>Motorista de pesados</i>												600%	600%														
		<i>Servente</i>												200%	200%														
		<i>Central Betuminoso - SIM Speedybatch 210</i>												100%	100%														
102		Alteamento das tampas e aros das caixas de visita de serviços e infra-estruturas																											
		<i>Condutor manobrador</i>												280%	280%														
		<i>Servente</i>												560%	560%														
103		Equipamentos de Sinalização e Segurança																											
104	m	Linha branca contínua (LBC):																											
		<i>Motorista de pesados</i>														100%	100%												
		<i>Servente</i>														200%	200%												
105	m	Linha branca tracejada de aviso (LBTA):																											
		<i>Motorista de pesados</i>														100%	100%												
		<i>Servente</i>														200%	200%												
106	m	Linha branca tracejada (LBT):																											
		<i>Motorista de pesados</i>														100%	100%												
		<i>Servente</i>														200%	200%												
107	m	Guias:																											
		<i>Motorista de pesados</i>														100%	100%												
		<i>Servente</i>														200%	200%												
108	un	Marcas Transversais:																											
		<i>Pintor de sinalização rodoviária</i>																											
		<i>Motorista de pesados</i>														200%	200%												
		<i>Servente</i>														100%	100%												
		<i>Servente</i>														200%	200%												
109	un	Outras marcas:																											
		<i>Pintor de sinalização rodoviária</i>																											
		<i>Motorista de pesados</i>														200%	200%												
		<i>Servente</i>														100%	100%												
		<i>Servente</i>														200%	200%												
110	un	Inscrições STOP																											
		<i>Pintor de sinalização rodoviária</i>																											
		<i>Motorista de pesados</i>														200%	200%												
		<i>Servente</i>														100%	100%												
		<i>Servente</i>														200%	200%												
111	un	Setas de selecção com 6,0 m:																											
		<i>Pintor de sinalização rodoviária</i>																											
		<i>Motorista de pesados</i>														200%	200%												
		<i>Servente</i>														100%	100%												
		<i>Servente</i>														200%	200%												
112		KM 104+150 / KM 104+300																											
113		Pavimentação																											
114		Regas betuminosas de impregnação, colagem e cura:																											
115		Rega de colagem: Com emulsão modificada																											
		<i>Espalhador de betuminoso</i>														100%													
		<i>Motorista de pesados</i>														100%													
116		Camadas de misturas betuminosas a quente:																											
117		Camada de desgaste: Mistura Betuminosa Descontínua Fabricada a Quente																											
		<i>Encarregado de betuminosos</i>														100%													
		<i>Espalhador de betuminoso</i>														300%													
		<i>Condutor manobrador</i>														400%													
		<i>Motorista de pesados</i>														600%													

ID	Art.	Nome da Tarefa																																
			M1		M2				M3				M4					M5				M6				M7								
			42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15						
		Servente													200%																			
		Central Betuminoso - SIM Speedybatch 210													100%																			
118	vg	Sinalização temporária:																																
		Servente		200%	200%	200%	200%	200%	200%	200%	200%	200%	200%	200%	200%	200%	200%																	
119		Estaleiro																																
		Director de Obra		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%																
		Encarregado Geral		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%																
		Servente		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%																
		Técnico especialista - laboratório		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%																
120		Montagem e desmontagem do estaleiro																																
		Encarregado Geral		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%																
		Motorista de pesados		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%																
		Electricista		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%																
		Servente		200%	200%	200%	200%	200%	200%	200%	200%	200%	200%	200%	200%	200%	200%	200%																
121		Implementação do Acompanhamento Ambiental da Empreitada, incluindo os me																																
		Técnico Gestão Ambiental		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%																
122		Implementação do Plano de Prevenção e Gestão de Resíduos de Construção e U																																
		Técnico Gestão Ambiental		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%																
123		Desenvolvimento das Atividades Técnicas de Segurança no Trabalho																																
		Técnico Higiene e Seg. Trabalho		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%																
124		RECEÇÃO PROVISÓRIA																																

ID	Art.	Nome da Tarefa																								
			M1				M2				M3				M4				M5				M6			
			42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1		CONSIGNAÇÃO DOS TRABALHOS																								
2		PRAZO DA EMPREITADA (90 DIAS)																								
3		INTERVENÇÃO PREVENTIVA EM PAVIMENTOS 2024 – NORTE (2 LOTES) - LOTE 1																								
4		Tratamento prévio de deformações																								
5		Pavimentação																								
6		Camadas de misturas betuminosas a quente:																								
7		Camada de ligação: AC20 bin ligante (MB): Com 0,05 m de espessura																								
		Espalhadora de betuminoso - VOGELE S1800-3i		100%	100%																					
		Cilindro de pneus - HAMM HP180		100%	100%																					
		Cilindro de rolos - HAMM HD90		100%	100%																					
		Mini pá-carregadora - CAT226D		100%	100%																					
		Camião VOLVO FM 12 Semireboque		600%	600%																					
		Máquina de corte de pavimento		100%	100%																					
		Central Betuminoso - SIM Speedybatch 210		100%	100%																					
8		Regas betuminosas de impregnação, colagem e cura:																								
9		Rega de colagem: Com emulsão modificada																								
		Camião com cisterna de emulsão - VOLVO FM9		100%	100%																					
10		Trabalhos especiais de pavimentação:																								
11		Fresagem de camadas de pavimentos existentes, em misturas betuminosas																								
		Fresadora - WIRTGEN W200Fi		100%	100%																					
		Mini pá-carregadora - CAT226D		100%	100%																					
		Compressor - ATLAS COPCO XAS138		100%	100%																					
		Camião com cisterna água - RENAULT		100%	100%																					
		Camião de 3 Eixos com grua hidraulica - MERCEDES		100%	100%																					
		Camião Porta Máquinas		100%	100%																					
		Fresadora - CAT2000		100%	100%																					
		Camião de 4 Eixos - FMX VOLVO		600%	600%																					
		Balão de iluminação autoinsuflável (Sirocco 2000 Watt)		100%	100%																					
12		Intervenção Tipo 1																								
13		KM 95+950 / KM 97+350																								
14		Pavimentação																								
15		Regas betuminosas de impregnação, colagem e cura:																								
16		Rega de colagem: Com emulsão modificada																								
		Camião com cisterna de emulsão - VOLVO FM9			100%	100%	100%																			
17		Trabalhos especiais de pavimentação:																								
18		Fresagem de camadas de pavimentos existentes, em misturas betuminosas																								
		Fresadora - WIRTGEN W200Fi			100%	100%	100%																			
		Mini pá-carregadora - CAT226D			100%	100%	100%																			
		Compressor - ATLAS COPCO XAS138			100%	100%	100%																			
		Camião com cisterna água - RENAULT			100%	100%	100%																			
		Camião de 3 Eixos com grua hidraulica - MERCEDES			100%	100%	100%																			
		Camião Porta Máquinas			100%	100%	100%																			
		Fresadora - CAT2000			100%	100%	100%																			
		Camião de 4 Eixos - FMX VOLVO			600%	600%	600%																			
		Balão de iluminação autoinsuflável (Sirocco 2000 Watt)			100%	100%	100%																			
19		Camadas de misturas betuminosas a quente:																								
20		Camada de desgaste: Mistura Betuminosa Descontinua Fabricada a Quente																								
		Espalhadora de betuminoso - VOGELE S1800-3i			100%	100%	100%																			
		Cilindro de pneus - HAMM HP180			100%	100%	100%																			

NOTA: Além do equipamento da listagem, as equipas dispõem das ferramentas ligeiras necessárias às suas especialidades.

Prazo: 90 Dias

PLANO DE EQUIPAMENTOS

INTERVENÇÃO PREVENTIVA EM PAVIMENTOS 2024 – NORTE (2 LOTES) - LOTE 1 - EN101 - CIRCULAR SUL BRAGA (KM 95+800) E TAIPAS (KM 104+100). IPV 2024

ID	Art.	Nome da Tarefa																								
			M1				M2				M3				M4				M5				M6			
			42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
		Cilindro de rolos - HAMM HD90			100%	100%	100%																			
		Mini pá-carregadora - CAT226D			100%	100%	100%																			
		Camião VOLVO FM 12 Semireboque			600%	600%	600%																			
		Máquina de corte de pavimento			100%	100%	100%																			
		Central Betuminoso - SIM Speedybatch 210			100%	100%	100%																			
21		Alteamento das tampas e aros das caixas de visita de serviços e infra-estruturas																								
		Mini pá-carregadora - CAT226D			100%	100%	100%																			
		Ferramenta Ligeira diversa			100%	100%	100%																			
22		Equipamentos de Sinalização e Segurança																								
23	m	Linha branca contínua (LBC):																								
		Camião de marcação rodoviária (spray)											100%													
		Ferramenta Ligeira diversa											100%													
24	m	Linha branca tracejada de aviso (LBTA):																								
		Camião de marcação rodoviária (spray)											100%													
		Ferramenta Ligeira diversa											100%													
25	m	Linha branca tracejada (LBT):																								
		Camião de marcação rodoviária (spray)											100%													
		Ferramenta Ligeira diversa											100%													
26	m	Guias:																								
		Camião de marcação rodoviária (spray)											100%													
		Ferramenta Ligeira diversa											100%													
27	un	Marcas Transversais:																								
		Camião de marcação rodoviária (manual)											100%													
		Ferramenta Ligeira diversa											100%													
28	un	Outras marcas:																								
		Camião de marcação rodoviária (manual)											100%													
		Ferramenta Ligeira diversa											100%													
29	un	Inscrições STOP																								
		Camião de marcação rodoviária (manual)											100%													
		Ferramenta Ligeira diversa											100%													
30	un	Setas de desvio:																								
		Camião de marcação rodoviária (manual)											100%													
		Ferramenta Ligeira diversa											100%													
31		KM 102+400 / KM 104+150																								
32		Pavimentação																								
33		Regas betuminosas de impregnação, colagem e cura:																								
34		Rega de colagem: Com emulsão modificada																								
		Camião com cisterna de emulsão - VOLVO FM9											100%	100%	100%											
35		Trabalhos especiais de pavimentação:																								
36		Fresagem de camadas de pavimentos existentes, em misturas betuminosas																								
		Fresadora - WIRTGEN W200Fi											100%	100%	100%											
		Mini pá-carregadora - CAT226D											100%	100%	100%											
		Compressor - ATLAS COPCO XAS138											100%	100%	100%											
		Camião com cisterna água - RENAULT											100%	100%	100%											
		Camião de 3 Eixos com grua hidráulica - MERCEDES											100%	100%	100%											
		Camião Porta Máquinas											100%	100%	100%											
		Fresadora - CAT2000											100%	100%	100%											
		Camião de 4 Eixos - FMX VOLVO											600%	600%	600%											
		Balão de iluminação autoinsuflável (Sirocco 2000 Watt)											100%	100%	100%											
37		Camadas de misturas betuminosas a quente:																								
38		Camada de desgaste: Mistura Betuminosa Descontínua Fabricada a Quente																								

NOTA: Além do equipamento da listagem, as equipas dispõem das ferramentas ligeiras necessárias às suas especialidades.

Prazo: 90 Dias

NOTA: Além do equipamento da listagem, as equipes dispõem das ferramentas leves necessárias às suas especialidades.

PLANO DE EQUIPAMENTOS

INTERVENÇÃO PREVENTIVA EM PAVIMENTOS 2024 – NORTE (2 LOTES) - LOTE 1 - EN101 - CIRCULAR SUL BRAGA (KM 95+800) E TAIPAS (KM 104+100). IPV 2024

ID	Art.	Nome da Tarefa																								
			M1				M2				M3				M4				M5				M6			
			42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
		<i>Camião VOLVO FM 12 Semireboque</i>								600%																
		<i>Máquina de corte de pavimento</i>								100%																
		<i>Central Betuminoso - SIM Speedybatch 210</i>								100%																
58		Alteamento das tampas e aros das caixas de visita de serviços e infra-estruturas																								
		<i>Mini pá-carregadora - CAT226D</i>								100%																
		<i>Ferramenta Ligeira diversa</i>								100%																
59		Equipamentos de Sinalização e Segurança																								
60	m	Linha branca contínua (LBC):																								
		<i>Camião de marcação rodoviária (spray)</i>													100%											
		<i>Ferramenta Ligeira diversa</i>													100%											
61	m	Linha branca tracejada (LBT):																								
		<i>Camião de marcação rodoviária (spray)</i>													100%											
		<i>Ferramenta Ligeira diversa</i>													100%											
62	m	Guias:																								
		<i>Camião de marcação rodoviária (spray)</i>													100%											
		<i>Ferramenta Ligeira diversa</i>													100%											
63	un	Marcas Transversais:																								
		<i>Camião de marcação rodoviária (manual)</i>													100%											
		<i>Ferramenta Ligeira diversa</i>													100%											
64	un	Outras marcas:																								
		<i>Camião de marcação rodoviária (manual)</i>													100%											
		<i>Ferramenta Ligeira diversa</i>													100%											
65	un	Triângulo de cedência de prioridade:																								
		<i>Camião de marcação rodoviária (manual)</i>													100%											
		<i>Ferramenta Ligeira diversa</i>													100%											
66	un	Inscrições STOP																								
		<i>Camião de marcação rodoviária (manual)</i>													100%											
		<i>Ferramenta Ligeira diversa</i>													100%											
67	un	Setas de selecção com 6,0 m:																								
		<i>Camião de marcação rodoviária (manual)</i>													100%											
		<i>Ferramenta Ligeira diversa</i>													100%											
68		KM 97+350 / KM 98+100																								
69		Pavimentação																								
70		Regas betuminosas de impregnação, colagem e cura:																								
71		Rega de colagem: Com emulsão modificada																								
		<i>Camião com cisterna de emulsão - VOLVO FM9</i>									100%															
72		Camadas de misturas betuminosas a quente:																								
73		Camada de desgaste: Mistura Betuminosa Descontínua Fabricada a Quente																								
		<i>Espalhadora de betuminoso - VOGELE S1800-3i</i>									100%															
		<i>Cilindro de rolos - HAMM HD90</i>									100%															
		<i>Mini pá-carregadora - CAT226D</i>									100%															
		<i>Camião VOLVO FM 12 Semireboque</i>									600%															
		<i>Máquina de corte de pavimento</i>									100%															
		<i>Central Betuminoso - SIM Speedybatch 210</i>									100%															
74		Alteamento das tampas e aros das caixas de visita de serviços e infra-estruturas																								
		<i>Mini pá-carregadora - CAT226D</i>									100%															
		<i>Ferramenta Ligeira diversa</i>									100%															
75		Equipamentos de Sinalização e Segurança																								
76	m	Linha branca contínua (LBC):																								
		<i>Camião de marcação rodoviária (spray)</i>														100%										
		<i>Ferramenta Ligeira diversa</i>														100%										

ID	Art.	Nome da Tarefa																								
			M1				M2				M3				M4				M5				M6			
			42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
77	m	Linha branca tracejada de aviso (LBTA): Camião de marcação rodoviária (spray) Ferramenta Ligeira diversa														100%										
																100%										
78	m	Linha branca tracejada (LBT): Camião de marcação rodoviária (spray) Ferramenta Ligeira diversa														100%										
																100%										
79	m	Guias: Camião de marcação rodoviária (spray) Ferramenta Ligeira diversa														100%										
																100%										
80	un	Setas de desvio: Camião de marcação rodoviária (manual) Ferramenta Ligeira diversa														100%										
																100%										
81		KM 98+600 / KM 101+250																								
82		Pavimentação																								
83		Regas betuminosas de impregnação, colagem e cura:																								
84		Rega de colagem: Com emulsão modificada Camião com cisterna de emulsão - VOLVO FM9									100%	100%	100%	100%												
85		Camadas de misturas betuminosas a quente:																								
86		Camada de desgaste: Mistura Betuminosa Descontínua Fabricada a Quente Espalhadora de betuminoso - VOGELE S1800-3i									100%	100%	100%	100%												
		Cilindro de rolos - HAMM HD90									100%	100%	100%	100%												
		Mini pá-carregadora - CAT226D									100%	100%	100%	100%												
		Camião VOLVO FM 12 Semireboque									600%	600%	600%	600%												
		Máquina de corte de pavimento									100%	100%	100%	100%												
		Central Betuminoso - SIM Speedybatch 210									100%	100%	100%	100%												
87		Alteamento das tampas e aros das caixas de visita de serviços e infra-estrutura Mini pá-carregadora - CAT226D Ferramenta Ligeira diversa									100%	100%	100%	100%												
											100%	100%	100%	100%												
88		Equipamentos de Sinalização e Segurança																								
89	m	Linha branca contínua (LBC): Camião de marcação rodoviária (spray) Ferramenta Ligeira diversa														100%										
																100%										
90	m	Linha branca tracejada de aviso (LBTA): Camião de marcação rodoviária (spray) Ferramenta Ligeira diversa														100%										
																100%										
91	m	Linha branca tracejada (LBT): Camião de marcação rodoviária (spray) Ferramenta Ligeira diversa														100%										
																100%										
92	m	Guias: Camião de marcação rodoviária (spray) Ferramenta Ligeira diversa														100%										
																100%										
93	un	Marcas Transversais: Camião de marcação rodoviária (manual) Ferramenta Ligeira diversa														100%										
																100%										
94	un	Inscrições STOP Camião de marcação rodoviária (manual) Ferramenta Ligeira diversa														100%										
																100%										
95	un	Setas de desvio: Camião de marcação rodoviária (manual) Ferramenta Ligeira diversa														100%										
																100%										
96		KM 101+750 / KM 102+400																								

ID	Art.	Nome da Tarefa																												
			M1			M2				M3					M4				M5					M6						
			42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					
97		Pavimentação																												
98		Regas betuminosas de impregnação, colagem e cura:																												
99		Rega de colagem: Com emulsão modificada																												
		<i>Camião com cisterna de emulsão - VOLVO FM9</i>												100%	100%															
100		Camadas de misturas betuminosas a quente:																												
101		Camada de desgaste: Mistura Betuminosa Descontínua Fabricada a Quente																												
		<i>Espalhadora de betuminoso - VOGELE S1800-3i</i>												100%	100%															
		<i>Cilindro de rolos - HAMM HD90</i>												100%	100%															
		<i>Mini pá-carregadora - CAT226D</i>												100%	100%															
		<i>Camião VOLVO FM 12 Semireboque</i>												600%	600%															
		<i>Máquina de corte de pavimento</i>												100%	100%															
		<i>Central Betuminoso - SIM Speedybatch 210</i>												100%	100%															
102		Alteamento das tampas e aros das caixas de visita de serviços e infra-estrutura																												
		<i>Mini pá-carregadora - CAT226D</i>												280%	280%															
		<i>Ferramenta Ligeira diversa</i>												280%	280%															
103		Equipamentos de Sinalização e Segurança																												
104	m	Linha branca contínua (LBC):																												
		<i>Camião de marcação rodoviária (spray)</i>															100%	100%												
		<i>Ferramenta Ligeira diversa</i>															100%	100%												
105	m	Linha branca tracejada de aviso (LBTA):																												
		<i>Camião de marcação rodoviária (spray)</i>															100%	100%												
		<i>Ferramenta Ligeira diversa</i>															100%	100%												
106	m	Linha branca tracejada (LBT):																												
		<i>Camião de marcação rodoviária (spray)</i>															100%	100%												
		<i>Ferramenta Ligeira diversa</i>															100%	100%												
107	m	Guias:																												
		<i>Camião de marcação rodoviária (spray)</i>															100%	100%												
		<i>Ferramenta Ligeira diversa</i>															100%	100%												
108	un	Marcas Transversais:																												
		<i>Camião de marcação rodoviária (manual)</i>															100%	100%												
		<i>Ferramenta Ligeira diversa</i>															100%	100%												
109	un	Outras marcas:																												
		<i>Camião de marcação rodoviária (manual)</i>															100%	100%												
		<i>Ferramenta Ligeira diversa</i>															100%	100%												
110	un	Inscrições STOP																												
		<i>Camião de marcação rodoviária (manual)</i>															100%	100%												
		<i>Ferramenta Ligeira diversa</i>															100%	100%												
111	un	Setas de selecção com 6,0 m:																												
		<i>Camião de marcação rodoviária (manual)</i>															100%	100%												
		<i>Ferramenta Ligeira diversa</i>															100%	100%												
112		KM 104+150 / KM 104+300																												
113		Pavimentação																												
114		Regas betuminosas de impregnação, colagem e cura:																												
115		Rega de colagem: Com emulsão modificada																												
		<i>Camião com cisterna de emulsão - VOLVO FM9</i>														100%														
116		Camadas de misturas betuminosas a quente:																												
117		Camada de desgaste: Mistura Betuminosa Descontínua Fabricada a Quente																												
		<i>Espalhadora de betuminoso - VOGELE S1800-3i</i>														100%														
		<i>Cilindro de rolos - HAMM HD90</i>														100%														
		<i>Mini pá-carregadora - CAT226D</i>														100%														
		<i>Camião VOLVO FM 12 Semireboque</i>														600%														

PLANO DE EQUIPAMENTOS

INTERVENÇÃO PREVENTIVA EM PAVIMENTOS 2024 – NORTE (2 LOTES) - LOTE 1 - EN101 - CIRCULAR SUL BRAGA (KM 95+800) E TAIPAS (KM 104+100). IPV 2024

ID	Art.	Nome da Tarefa																								
			M1				M2				M3				M4				M5				M6			
			42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
		Máquina de corte de pavimento													100%											
		Central Betuminoso - SIM Speedybatch 210													100%											
118	vg	Sinalização temporária:																								
		Ferramenta Ligeira diversa		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%									
		Carrinha ligeira - RENAULT MASTER (de acordo ANEXO 7.1.)		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%								
		Kit's de Sinalização Temporária		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%								
119		Estaleiro																								
120		Montagem e desmontagem do estaleiro																								
		Camião Porta Máquinas		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%								
		Ferramenta Ligeira diversa		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%								
124		RECEÇÃO PROVISÓRIA																								