

Materiais betuminosos eficientes: Sustentabilidade e desempenho

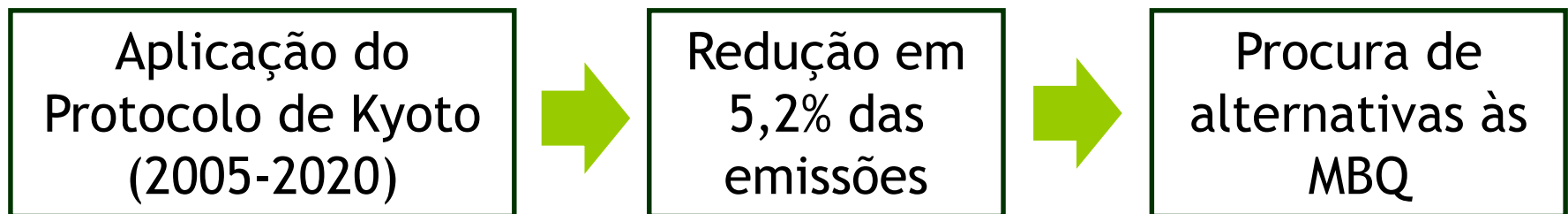
DESEMPENHO DE MISTURAS RECICLADAS TEMPERADAS

Marisa Dinís de Almeida

Márcia Afonso

Marta Duarte

- Um dos principais desafios que a sociedade enfrenta nos dias de hoje são as preocupações com o meio ambiente, sendo um dos objetivos mais procurado a **diminuição do consumo de combustíveis fósseis** e das **emissões para a atmosfera**.
- A entrada do **Protocolo de Kyoto** em 2005, agora prolongado até 2020, tem como objetivo que os países signatários assumam esse compromisso.

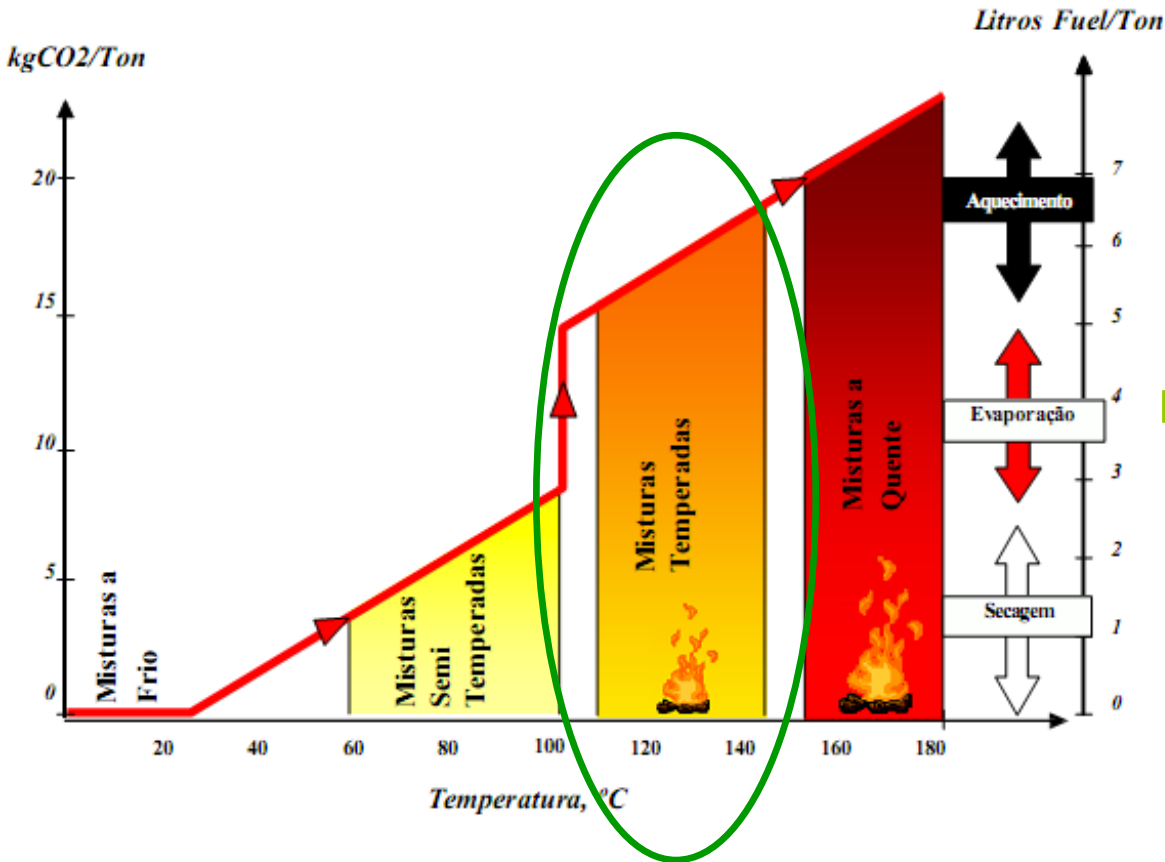


- **Acréscimo da Rede Rodoviária** - Transferência de competências para as autarquias locais e entidades intermunicipais até 1 de janeiro de 2021

✓ Classificação das misturas betuminosas

1) Localização da produção	a) <i>In situ</i> b) Em central
2) Temperatura de produção	a) A frio b) Semi-temperadas e temperadas c) A quente
3) Tipo de ligante	a) Betuminoso b) Hidráulico c) Mistura

✓ Baixar a temperatura de produção



Benefícios económicos

Benefícios ambientais

Benefícios sociais

✓ Baixar a temperatura de produção

Os **aditivos** são uma parte essencial na maioria das técnicas de produção de misturas betuminosas temperadas, alterando a **viscosidade do ligante** permitindo uma **redução na temperatura de produção**.



Via húmida - o aditivo é primeiramente misturado com o ligante e, em seguida, com os agregados no tambor de mistura.



Via seca - o aditivo é injetado na linha de betume, antes ou diretamente no tambor de mistura, em conjunto com os outros materiais.

✓ Incorporação de material fresado

- Redução/eliminação de deposição de materiais em aterro

A produção de MBQ envolve a utilização de grandes quantidades de **agregados naturais** e é responsável por um **grande consumo de energia**, que é produzida pela queima de combustível fóssil e **consequente emissão de gases poluentes**.

- Redução da utilização de recursos naturais

Uma vez que, os recursos que constituem as misturas, **agregados e ligantes**, são naturais e limitados, pretende-se que as mesmas também sejam reutilizáveis por meio da **incorporação de material fresado**.

Misturas Betuminosas Recicladas Temperadas (MBRT)

Temperatura de produção
100 a 150 °C

Com emulsão betuminosa

- Material fresado aquecido a 140 °C
- Emulsão betuminosa adicionada à temperatura ambiente

Com betume temperado

- Agregados e betume aquecidos a 125 °C

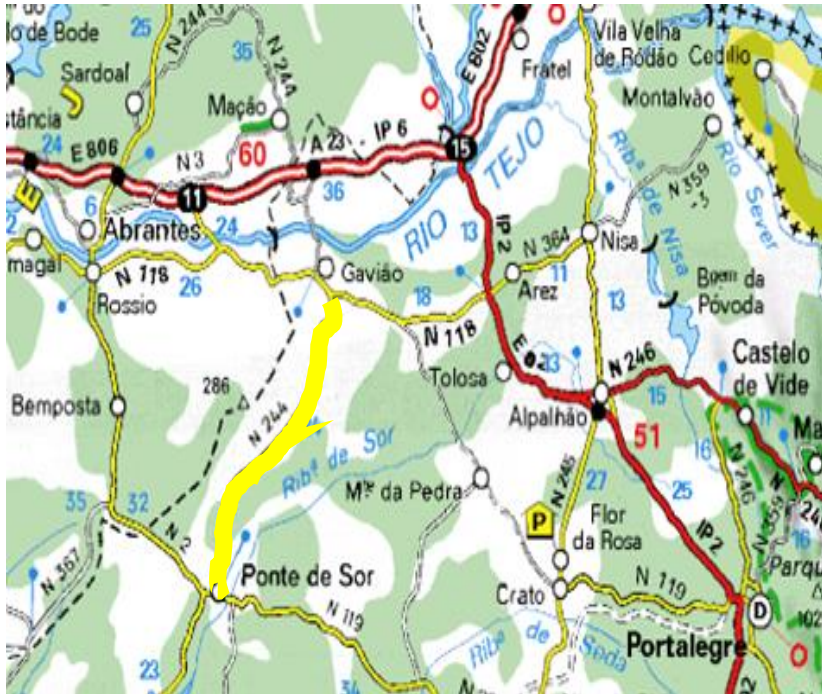
2.1 MBRT com emulsão betuminosa

**MISTURA
BETUMINOSA
RECICLADA
TEMPERADA
COM EMULSÃO
BETUMINOSA
=
SEMIQUENTE**

OBRA DE BENEFICIAÇÃO EN244 (Entre nó com EN118 e Ponte de Sôr)

- Aumentar o conhecimento relativo ao comportamento desta técnica
- Acompanhamento da execução da obra de reabilitação 2009
- Resultados de campanhas de observação do comportamento em 2011 e 2014

2.1 MBRT com emulsão betuminosa



Beneficiação do lanço da EN244 entre Ponte de Sôr e o cruzamento com a EN118, no concelho de Gavião.

Extensão total de 24,2 km.

Estrada em meio rural, com serventias agrícolas e zonas de aglomerados urbanos

2.1 MBRT com emulsão betuminosa

OBRA DE BENEFICIAÇÃO EN244 - ESTRUTURA DO PAVIMENTO

Formulação MBRT

Material fresado - 100%
Emulsão (Reciemul 90) - 2%

Estrutura do pavimento após
a beneficiação

Camada	Material	Espessura
Desgaste	Betão betuminoso	5 cm
Regularização	Mistura betuminosa reciclada temperada	7 cm
Base	Macadame betuminoso existente	9 cm
Sub-Base	Macadame hidráulico existente	18 cm

OBRA DE BENEFICIAÇÃO EN244 - PROCESSO CONSTRUTIVO



Fresagem do pavimento e transporte para a central



Produção numa central a quente do tipo descontínua



Introdução do material no circuito de produção



Aplicação de rega de colagem



Espalhamento da MBRT



Compactação com cilindro de rasto liso e cilindro de pneus

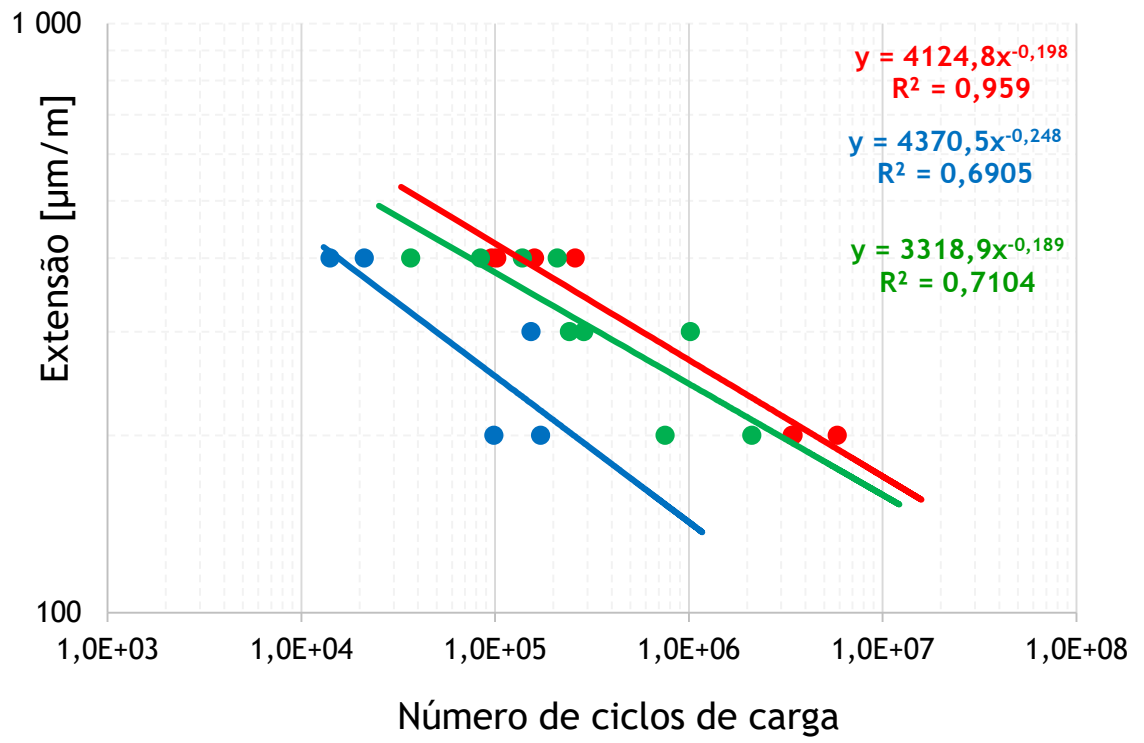
2.1 MBRT com emulsão betuminosa

OBRA DE BENEFICIAÇÃO EN244 - RESISTÊNCIA À FADIGA

Resistência à fadiga
EN 12697-24 Anexo D



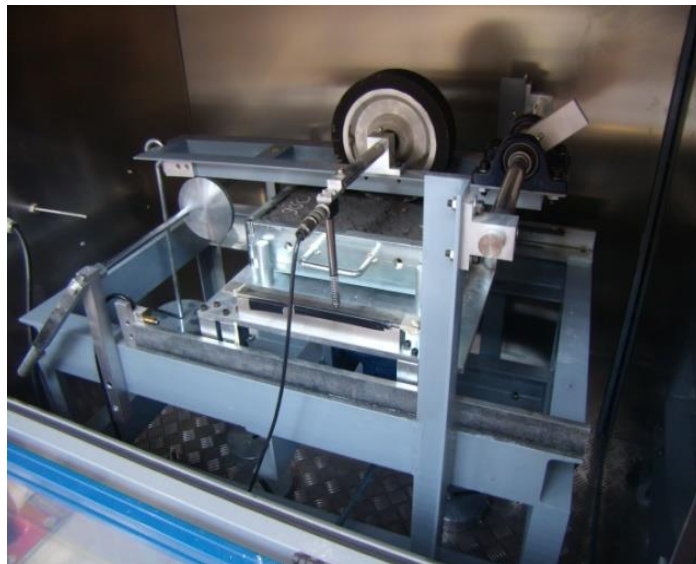
● MBQ ● MBRT OBRA ● MBRT LAB



2.1 MBRT com emulsão betuminosa

**OBRA DE BENEFICIAÇÃO EN244 - RESISTÊNCIA À
DEFORMAÇÃO PERMANENTE**

Ensaio de pista de acordo com EN 12697-22 Procedimento A



Mistura	Temperatura de ensaio	WTS (mm/10 ³ ciclos)
MBRT LAB	60 °C	0,75
MBRT LAB	45 °C	0,31
MBRT OBRA	60 °C	0,52
MBQ	45 °C	0,12

2.1 MBRT com emulsão betuminosa

OBRA DE BENEFICIAÇÃO EN244 - CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DO PAVIMENTO

Desde a sua aplicação em 2009 houve várias campanhas de ensaios realizadas com o objetivo de caracterizar estruturalmente o pavimento.

Data	Observações	Inspeção visual	Defletómetro de impacto	Sondagens à rotação
2009	Após reabilitação	X	X	X
2011	2 anos após entrada em serviço	X	-	-
2014	5 anos após entrada em serviço	X	-	-
2019	10 anos após entrada em serviço	?	?	?

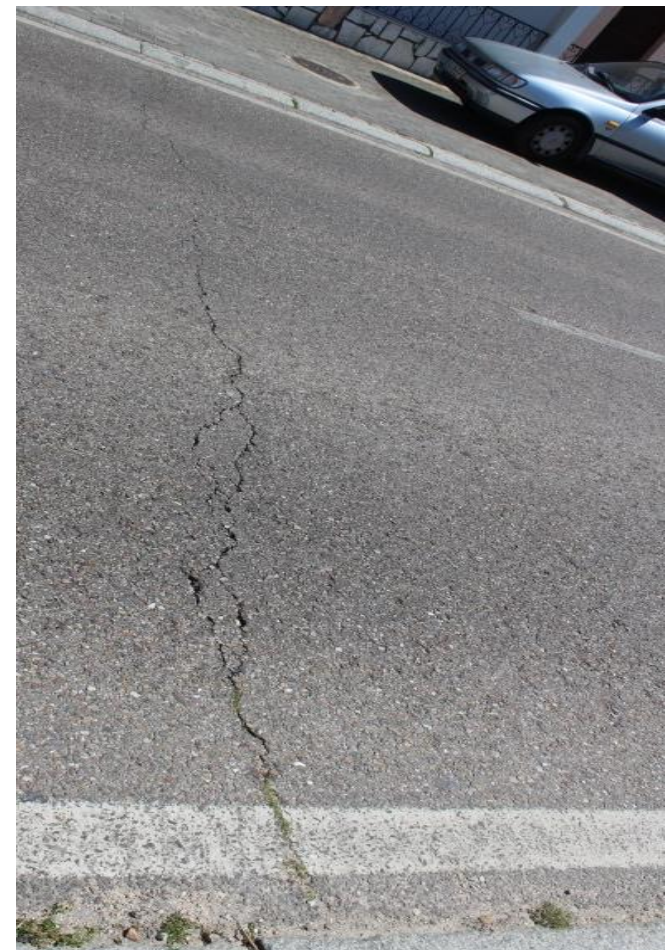
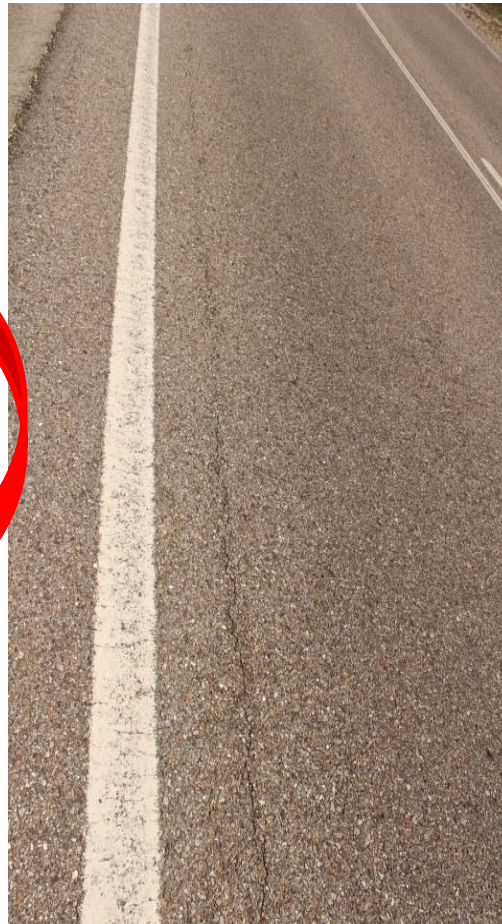
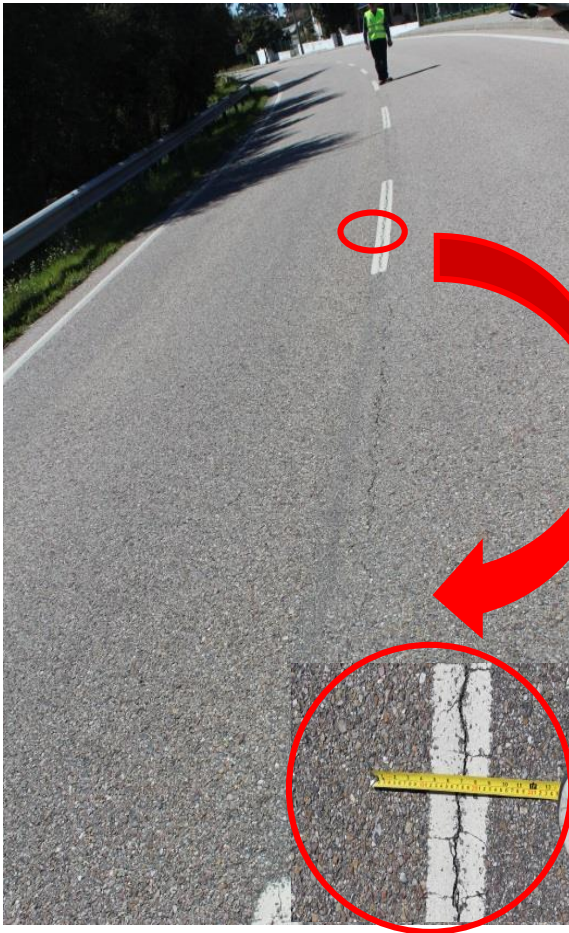
OBRA DE BENEFICIAÇÃO EN244 - Sondagens à Rotação

Campanha 2009: Caracterização do Pavimento



OBRA DE BENEFICIAÇÃO EN244 - INSPEÇÃO VISUAL

Campanha 2014: Fendilhação longitudinal e transversal



OBRA DE BENEFICIAÇÃO EN244 - INSPEÇÃO VISUAL

Campanha 2014: Medição dos cavados de rodeira

A maior parte das medições apresentam profundidades na ordem dos 2 a 3 mm. Nalguns casos pontuais apresentam profundidades entre 6 a 7 mm



2.2 MBT com betume temperado

Os **betumes temperados** são especialmente formulados de forma a permitirem reduzir as temperaturas de fabrico e de espalhamento. Estas temperaturas podem **ser reduzidas em 40 °C**, sem que percam as suas características mecânicas.

Os **tensioativos** são aditivos que funcionam através da **redução da tensão superficial na interface agregado/ligante** e que não alteram em nada a reologia do ligante.

EXPERIÊNCIA EM OBRA:

Foram realizadas diferentes experiências com este tipo de ligantes

EXPERIÊNCIA EM OBRA (CEPSA):

Estrada GI 4141 (Guipúzcoa)
Estrada N 420 (Tarragona)
Estrada CL 612 (Valladolid)
Auto estrada A 6 (Palencia)

LABORATÓRIO (UBI):

Formulação MBRT
Camada de desgaste
MT: 4,9 % BT 35/50
MT30: 4,4 % BT 35/50



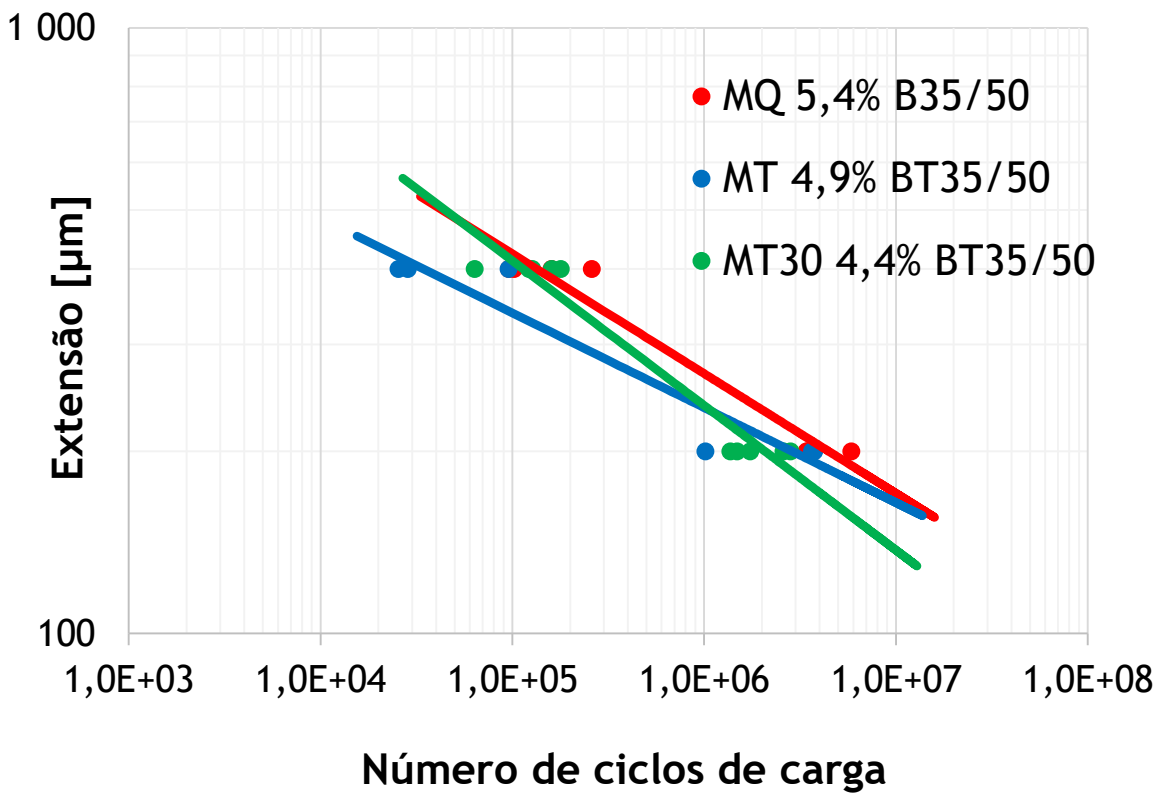
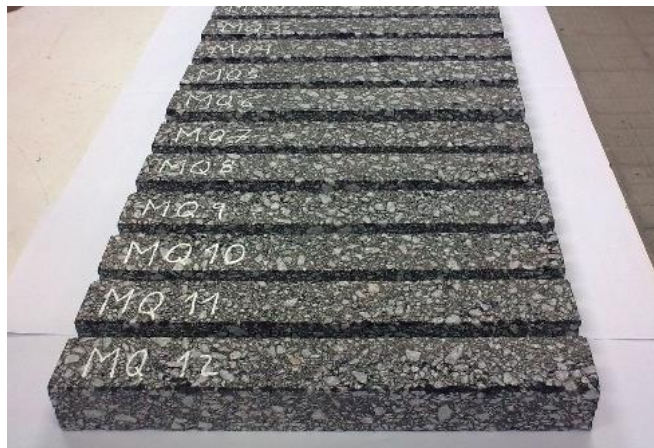
OBRA



Consumos e emissões	Redução numa MBT
CO ₂	40 %
CO	7 %
Partículas	71 %
Combustível	26 %

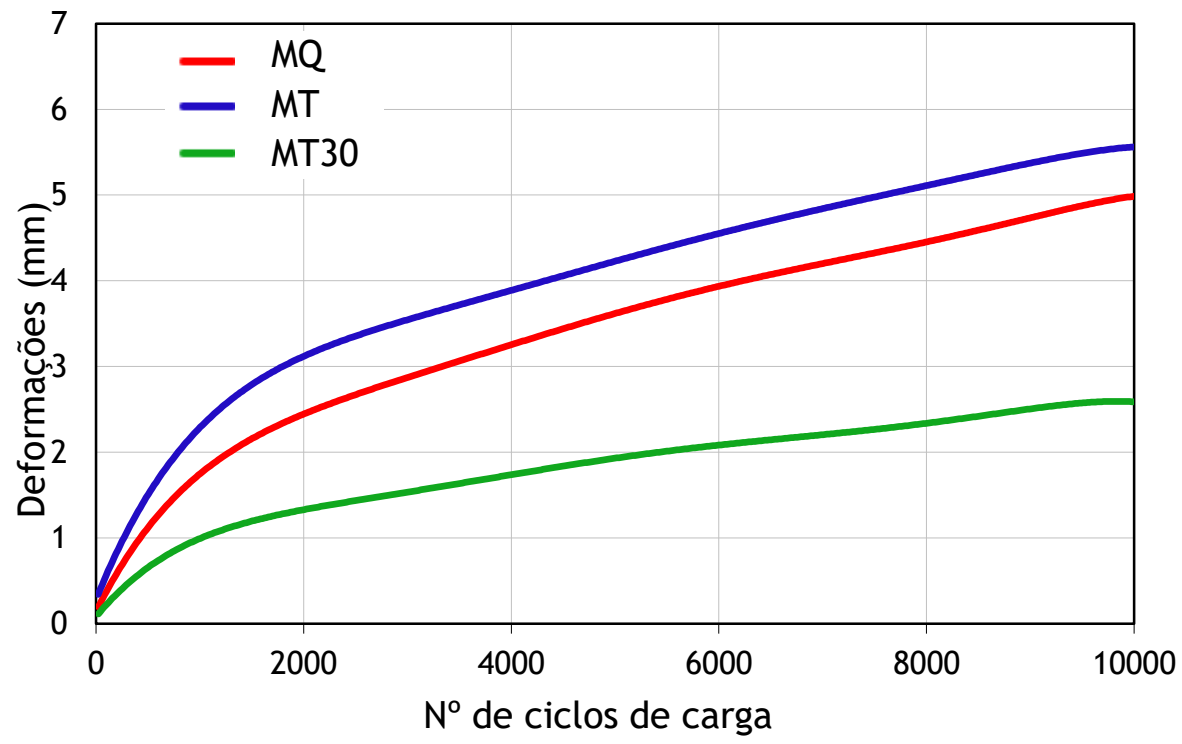
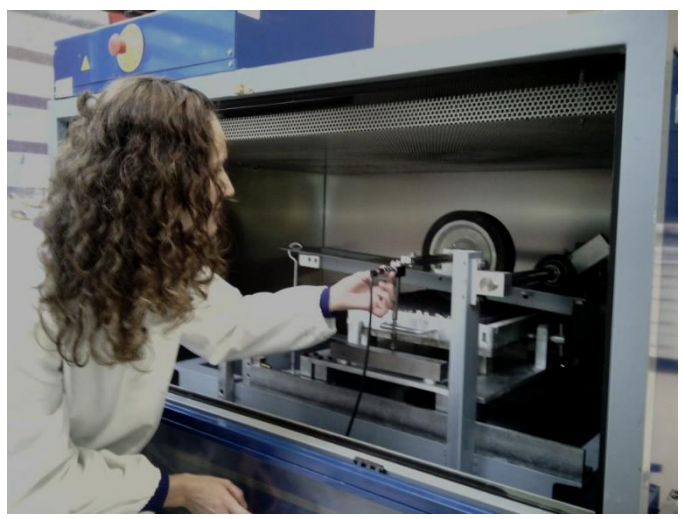
LABORATÓRIO

RESISTÊNCIA À FADIGA



LABORATÓRIO

RESISTÊNCIA À DEFORMAÇÃO PERMANENTE



3. Apuramento de CUSTO

	AC20 BASE	MBRT	AC14 SURF	MT	MT30
MP	41,66	14,22	50,24	48,66	43,54
MOD	0,10	0,19	0,10	0,10	0,10
GGF	6,49	4,99	5,10	5,10	5,10
CUSTO	46,86	19,40	55,44	53,86	48,74

Nota 1: Na MT30 Custo de valorização do fresado por processo de reclassificação – 2,90€/ton

Nota 2: Na MBRT considerou-se que o rendimento da Central é aproximadamente 50% das outras misturas

- As misturas betuminosas temperadas, apresentam um grande conjunto de **vantagens a favor do meio ambiente**.
- A incorporação de **material fresado** refletiu-se numa maior resistência quer à **fadiga** quer à **deformação permanente**, comparativamente com a mistura de referência.
- A **caracterização do material fresado**, nomeadamente a penetração do betume envelhecido, é um fator importante na obtenção de uma formulação adequada.

- A **temperatura de compactação** das misturas betuminosas temperadas é um fator preponderante para garantir um **bom desempenho em serviço**, sendo necessário ter um cuidado acrescido na fase de **produção e aplicação**.

Os estudos apresentados permitem concluir que as **misturas betuminosas temperadas** analisadas integram uma das técnicas com provável **potencial de crescimento** nos próximos anos, possibilitando a **modernização da rede rodoviária** tendo em conta preocupações **ambientais, sociais e económicas**.

OBRIGADA PELA VOSSA ATENÇÃO!

Marisa Dinis-Almeida marisa.dinis@ubi.pt

