

JORNADAS TÉCNICAS

Inovação em Pavimentação

Misturas Betuminosas
com Borracha Reagida e Ativada (RAR)

18 de abril de 2023 | 09h00 às 13h00 | Anfiteatro 1 | Edifício Principal LNEC





JORNADAS TECNICAS

Inovação em Pavimentação

Misturas Betuminosas
com Borracha Reagida e Ativada (RAR)

**EN10, km 48,000 e km 52,700. Beneficiação. IPV 2021.
Formulação e controlo de qualidade da mistura com RAR**

Helder Lourenço / Carlos Sousa / Paulo Valentim

*Direção da Rede Rodoviária
Centro Operacional da Grande Lisboa*



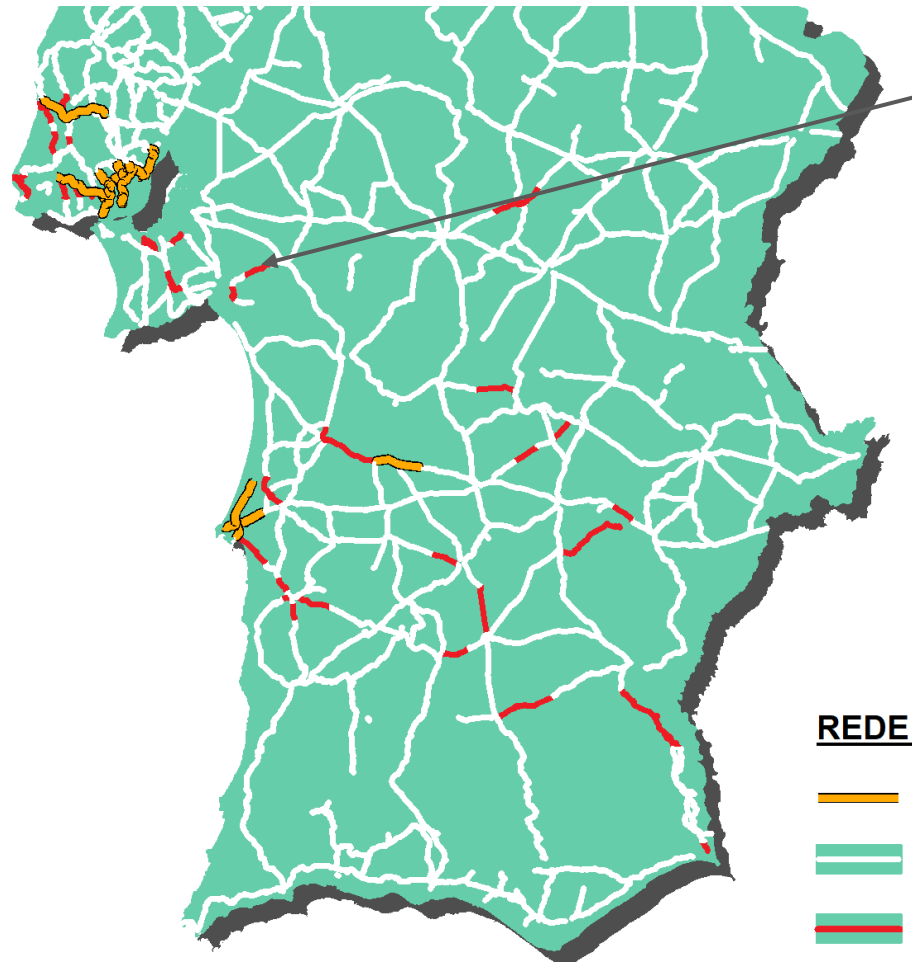
ÍNDICE:

1. Enquadramento
2. Comparativo gráfico, Fusos / Esqueletos minerais de misturas betuminosas semelhantes;
3. Composição RAR, Fuso e Curva Granulométrica;
4. Estudo de formulação, SMA 10S RAR 40%;
5. Central produção / Transposição para central, SMA 10S RAR 40%;
6. Execução de trecho experimental, SMA 10S RAR 40%;
7. Execução da aplicação da mistura betuminosa, SMA 10S RAR 40%;
8. Controlo de qualidade obtido durante a empreitada, SMA 10S RAR 40%;
9. Caracterização final do Pavimento, SMA 10S RAR 40%

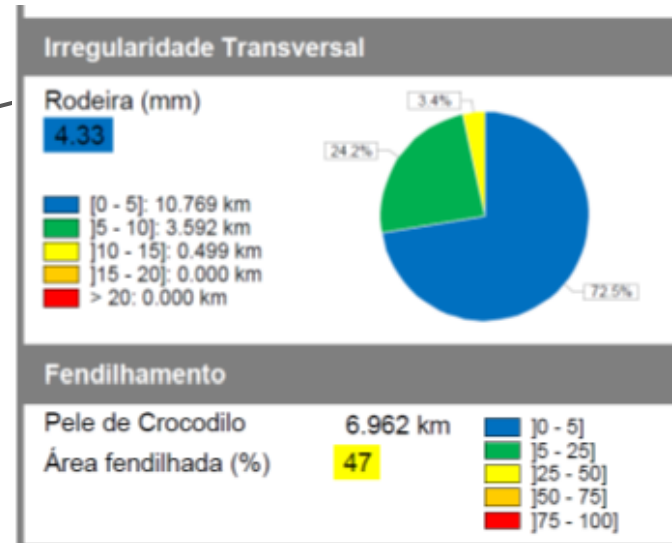


ENQUADRAMENTO

Distribuição das Intervenções IPV 2018-2022 Distritos Lisboa-Setúbal-Évora-Beja Faro



Secção E431

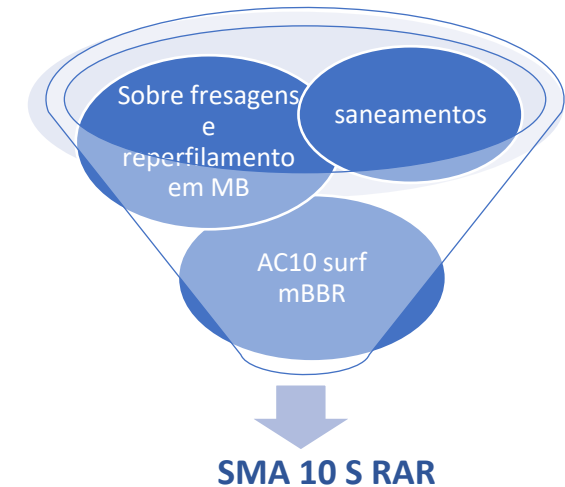


EN10, km 48,000 e km 52,700.
Beneficiação. IPV 2021 (Setúbal, Palmela)

TMDA: 8702 (8,7% tráfego pesado)

Área Fendilhada: 47%

Soluções adotadas:



REDE RODOVIÁRIA

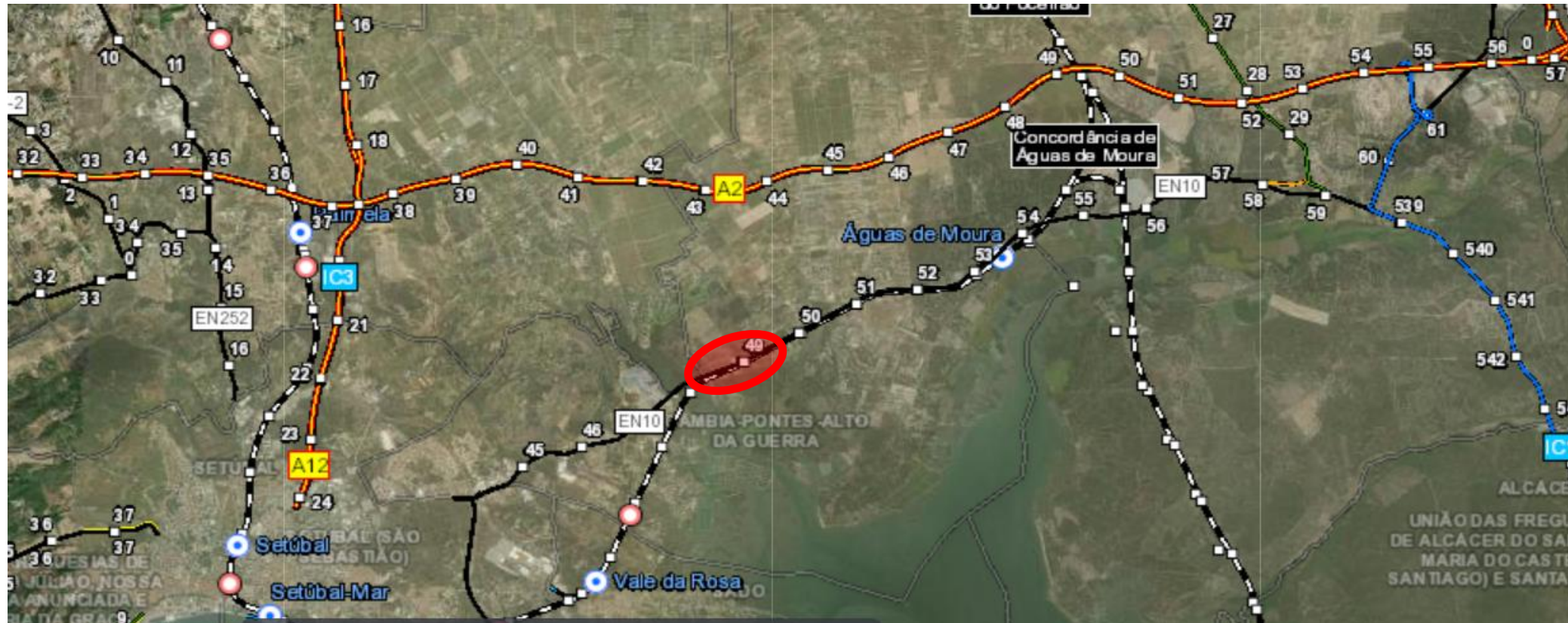
- ALTA PRESTAÇÃO
- CONVENCIONAL
- IPV's 2018 - 2022

Total de 240 Km nos 5 distritos



ENQUADRAMENTO

Inovação em Pavimentação
Misturas Betuminosas
com Borracha Reagida e Ativada (RAR)



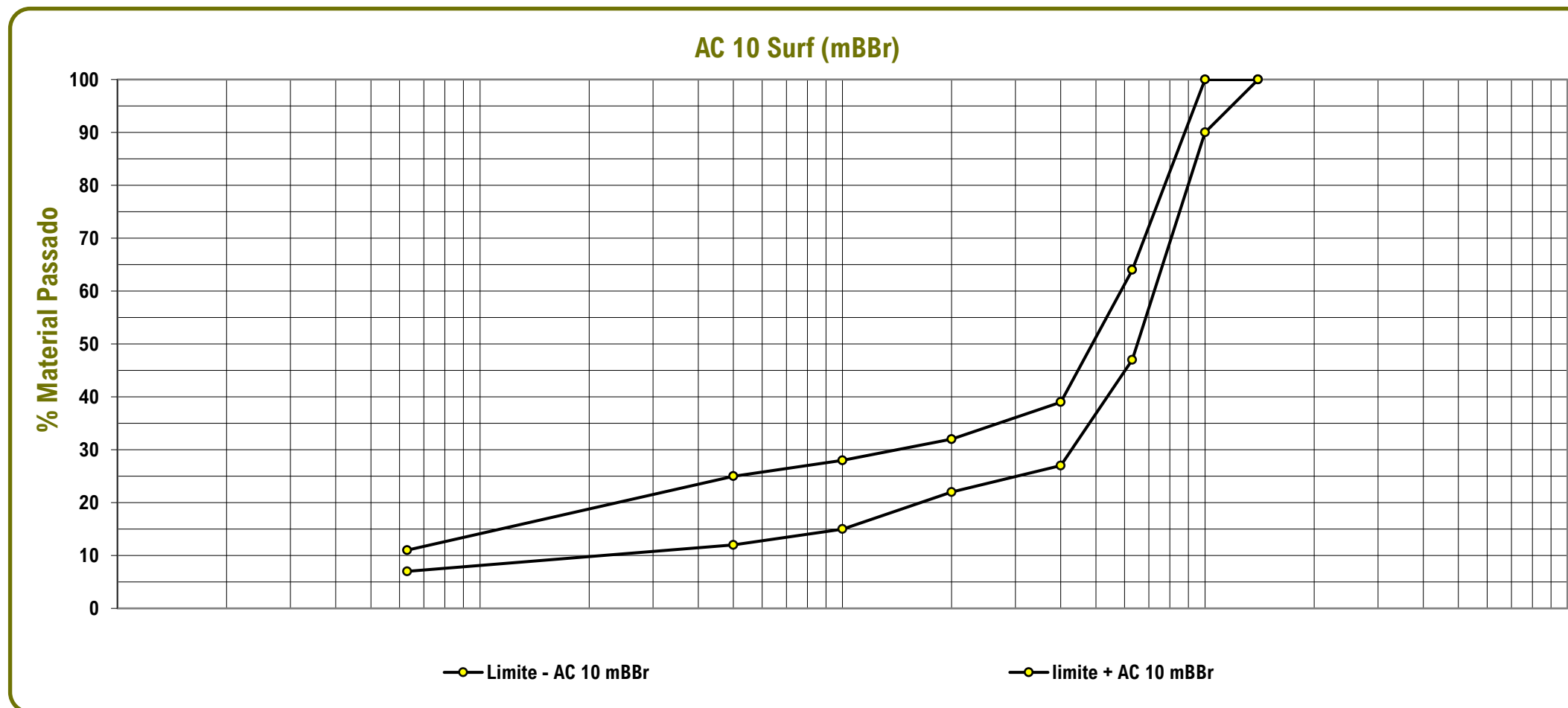
Troço em **SMA 10 S RAR** executado entre o **km 48+000** e o **km 49+600** da **EN10** – nas **2 vias**.
Distrito de Setúbal, Concelho de Palmela, União de Freguesias de Poceirão e Marateca

Quantidades aplicadas: **RAR: 48 toneladas**

SMA10S RAR: 12.300 m²

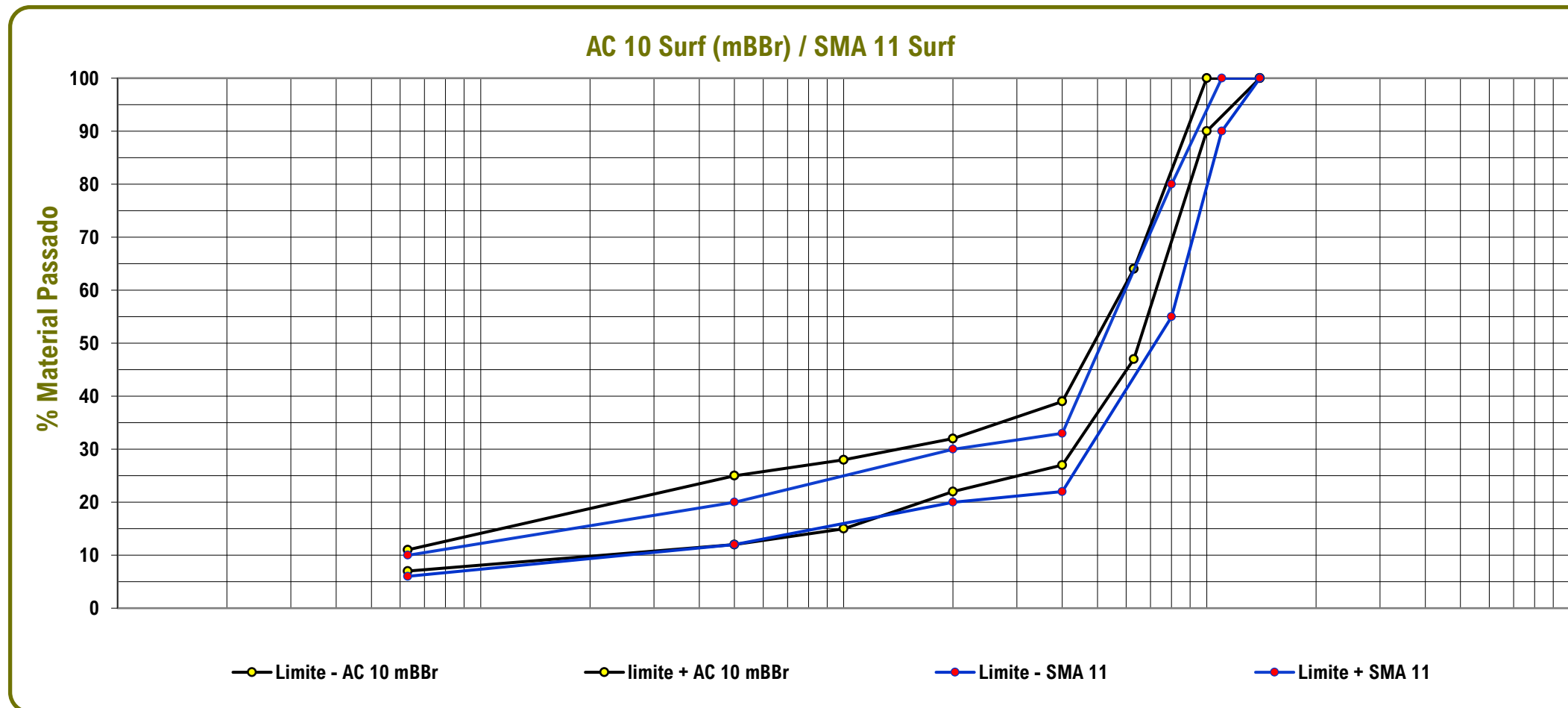


1. Comparativo gráfico, Fusos / Esqueletos minerais de misturas betuminosas semelhantes



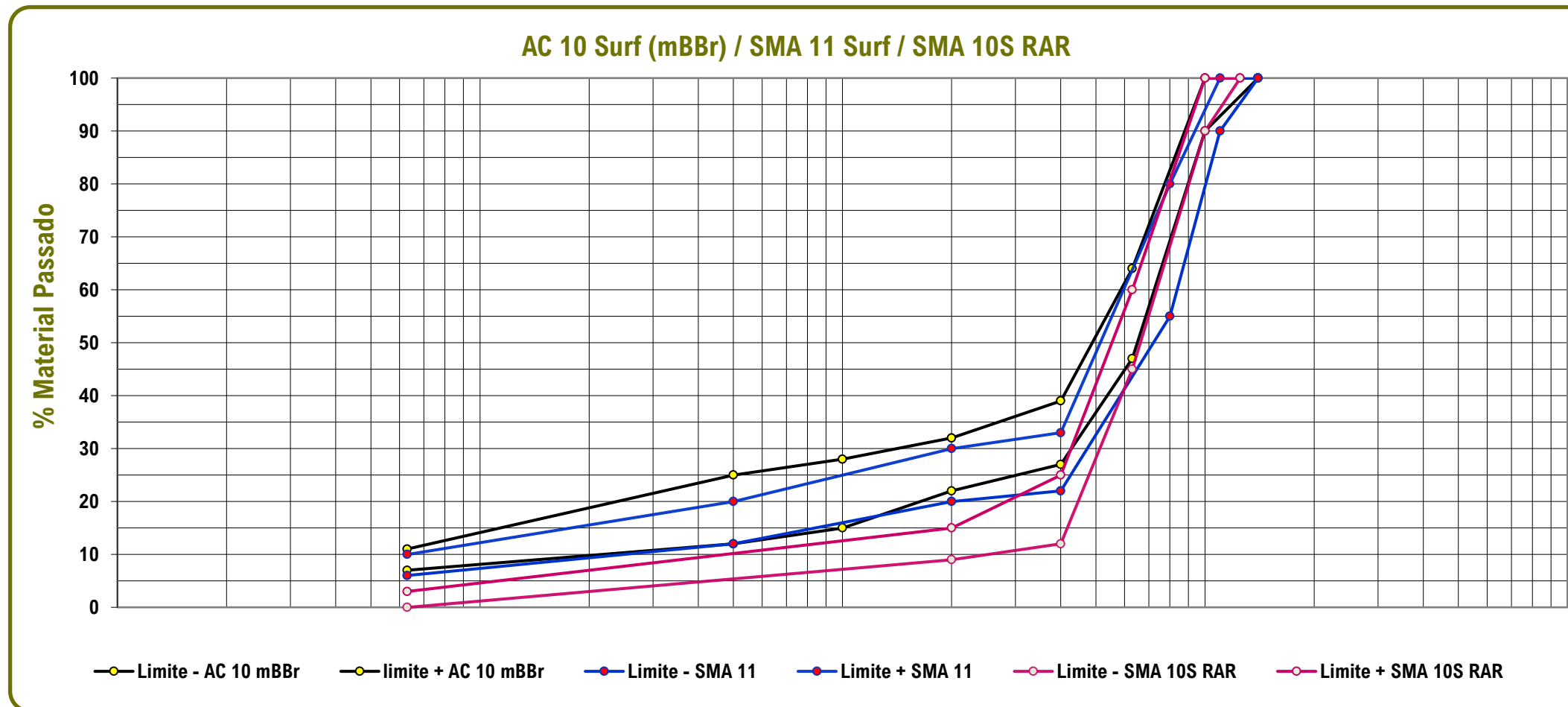
MÉDIA DO AGREGADO GROSSEIRO DA MISTURA BETUMINOSA, AC 10 SURF (mBBr), 66%.

1. Comparativo gráfico, Fusos / Esqueletos minerais de misturas betuminosas semelhantes



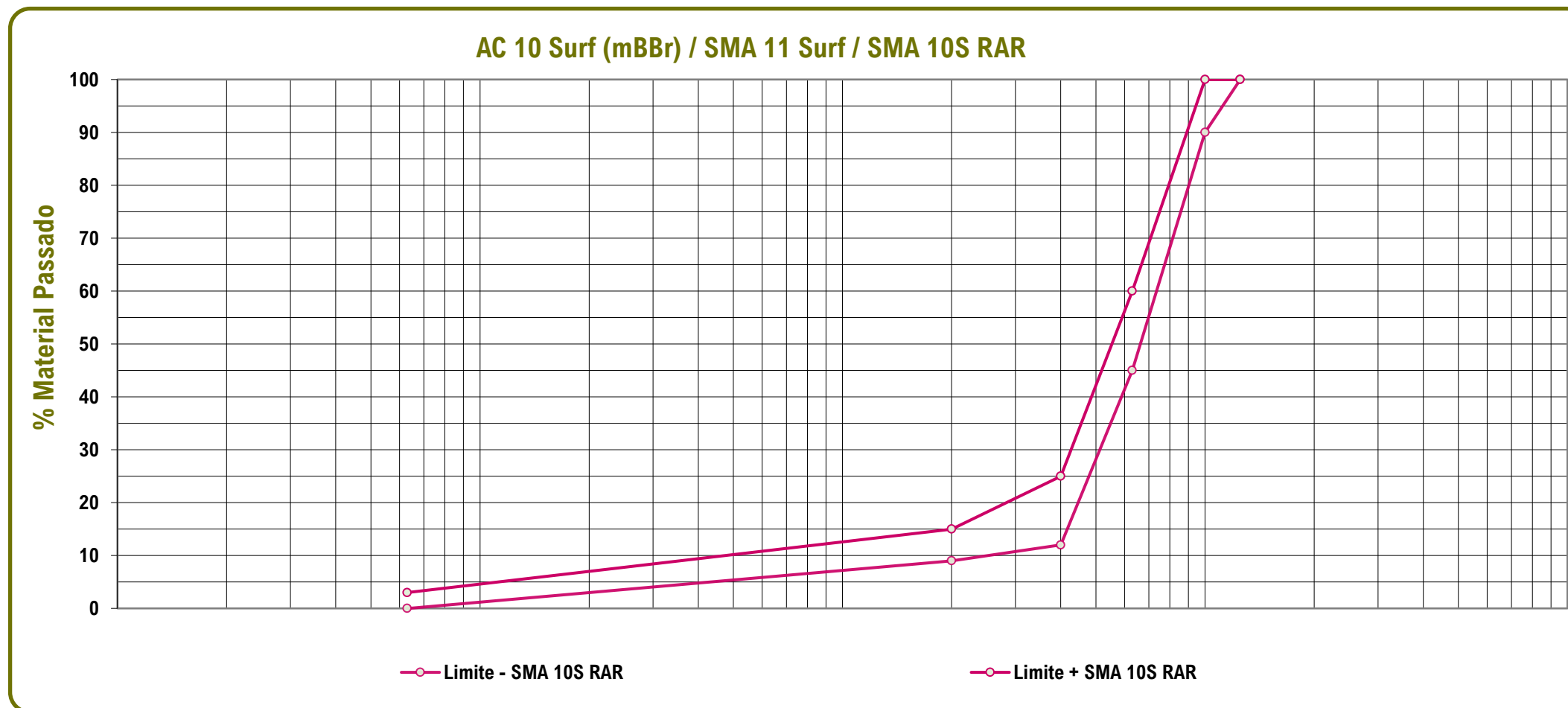
MÉDIA DO AGREGADO GROSSEIRO DA MISTURA BETUMINOSA, SMA 11 SURF, 71%.

1. Comparativo gráfico, Fusos / Esqueletos minerais de misturas betuminosas semelhantes



MÉDIA DO AGREGADO GROSSEIRO DA MISTURA BETUMINOSA, SMA 10S RAR, 82%.

1. Comparativo gráfico, Fusos / Esqueletos minerais de misturas betuminosas semelhantes

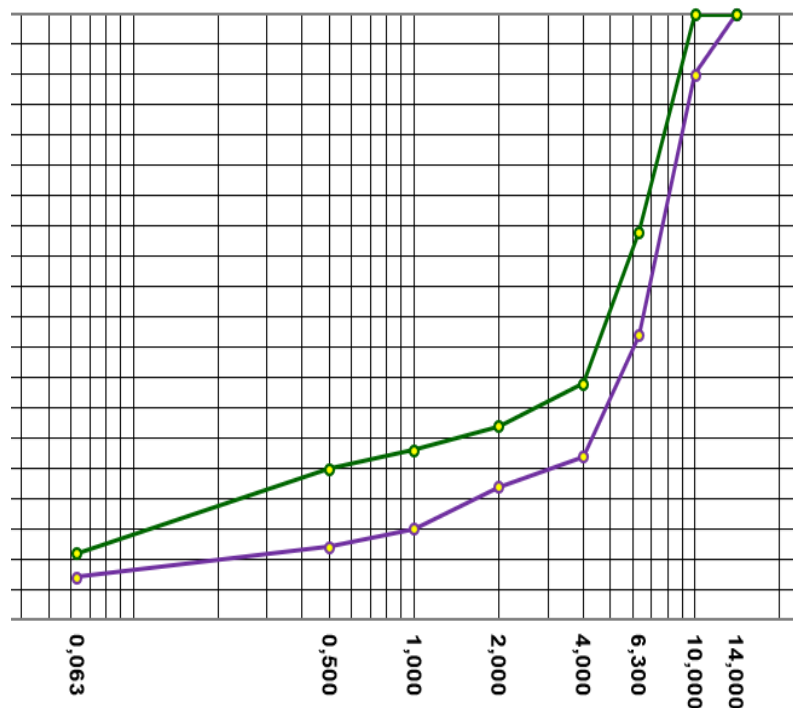


MÉDIA DO AGREGADO GROSSEIRO DA MISTURA BETUMINOSA, SMA 10S RAR, 82%.

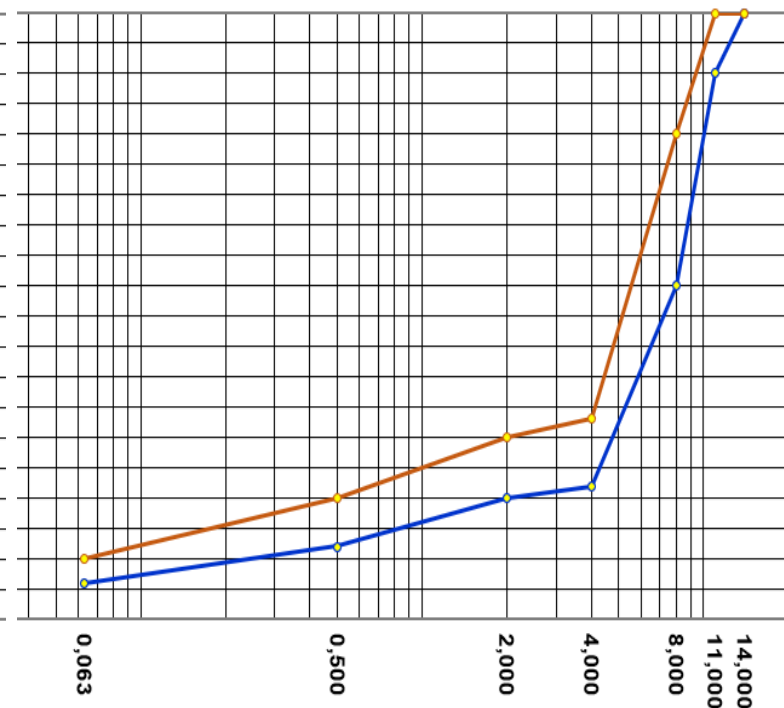


1. Comparativo gráfico, Fusos / Esqueletos minerais de misturas betuminosas semelhantes

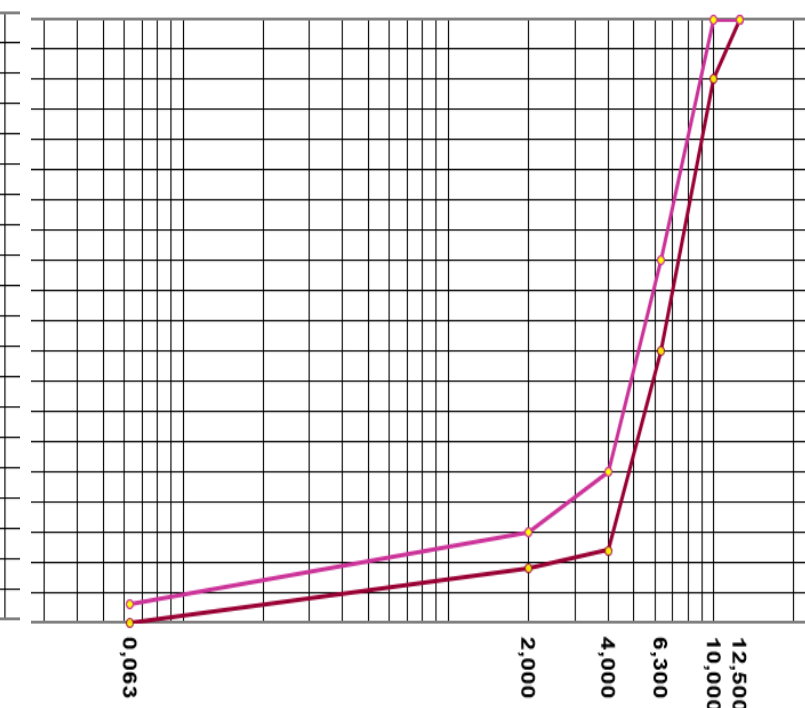
AC 10 Surf (mBBR)



SMA 11 Surf



SMA 10S RAR



Limite - AC 10 mBBR

limite + AC 10 mBBR

Limite - SMA 11

Limite + SMA 11

Limite - SMA 10S RAR

Limite + SMA 10S RAR

1. Comparativo gráfico, Fusos / Esqueletos minerais de misturas betuminosas semelhantes

Peneiros	AC 10 Surf (mBBr)		Peneiros	SMA 11 Surf		Peneiros	SMA 10S RAR	
14,000	100	100						
10,000	90	100	14,000	100	100			
6,300	47	64	11,000	90	100	12,500	100	100
4,000	27	39	8,000	55	80	10,000	90	100
2,000	22	32	4,000	22	33	6,300	45	60
1,000	15	28	2,000	20	30	4,000	12	25
0,500	12	25	0,500	12	20	2,000	9	15
0,063	7	10	0,063	6	10	0,063	0	3
Média % Betume		5,1	Média % Betume		6,0	Média % Betume		11,5
Média % Agregado Grosseiro		66	Média % Agregado Grosseiro		71	Média % Agregado Grosseiro		82

VALORES DOS FUSOS RESPETIVOS





2. Composição RAR, Fuso e Curva Granulométrica

RAR - Borracha Reagida e Ativada

A RAR em média, é constituída por 62% de granulado fino de borracha de pneu reciclado, 22% de betume convencional e 16% de fíler mineral.

Para o fabrico da mistura betuminosa, deve existir um silo alimentador para a RAR. Exemplo; silo do fíler comercial.

A RAR requer a colocação doseada e direta na unidade de mistura da central, misturador na central descontínua e tambor secador misturador em central contínua.



Betume puro



Granulado fino de borracha



Fíler mineral ativo

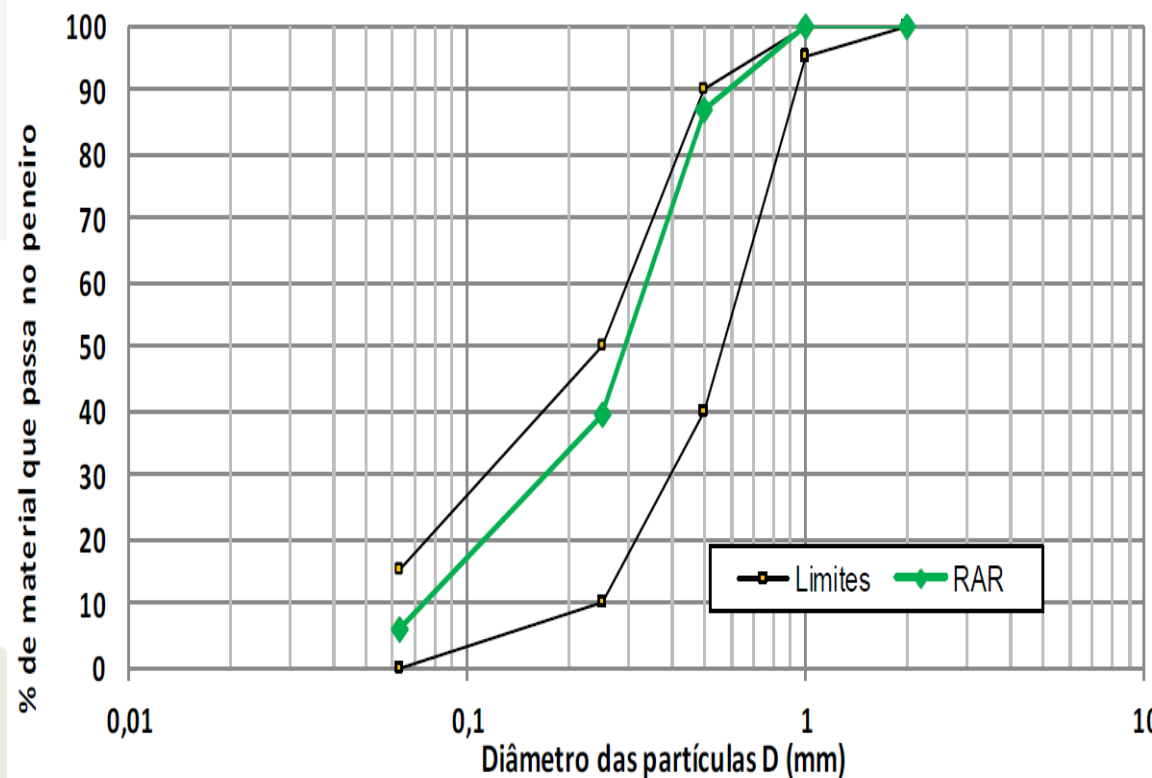


RAR

A introdução da RAR na misturadora deve ocorrer após a introdução do agregado, incluindo fíler, sendo misturados durante um período não inferior a 8 segundos. A colocação do betume será posterior à mistura dos secos. A temperatura do betume deverá ser 175 a 185°C e a dos agregados deverá ser tal que a mistura betuminosa saia a 180°C ± 2°C, a temperatura da mistura não deverá exceder os 180°C ± 2°C.

2. Composição RAR, Fuso e Curva Granulométrica

Tamanho nominal das aberturas dos peneiros (mm)	Percentagem acumulada do material que passa		
	Fuso granulométrico		Curva granulométrica
2	100	100	100
1	95	100	100
0,5	40	90	87
0,25	10	50	39
0,063	0	15	6



FUSO DE EXIGÊNCIA DA RAR, CURVA GRANULOMETRICA ESTUDO



3. ESTUDO FORMULAÇÃO, SMA 10S RAR 40%

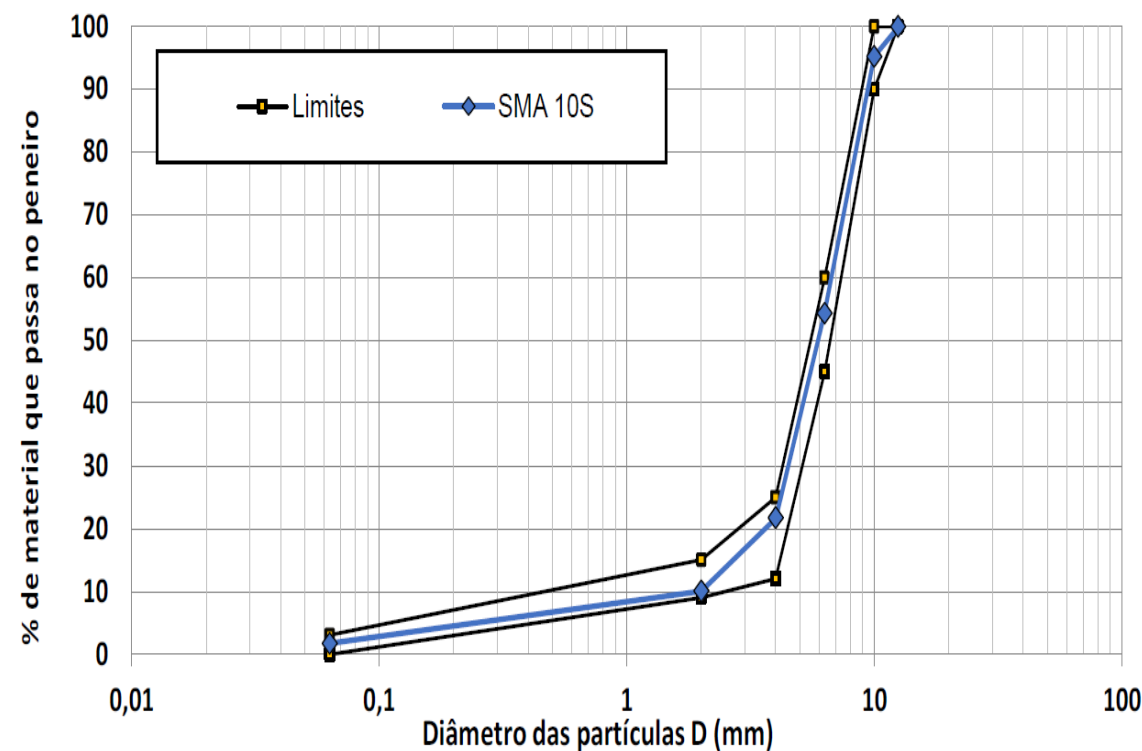


Agregados, provenientes da Pedreira de Montemor-o-Novo, compreendem duas frações granulométricas, 0/4 mm e 4/10 mm, natureza granítica, mais concretamente granodiorito

COMPONENTES

3. ESTUDO FORMULAÇÃO, SMA 10S RAR 40%

Peneiros Série Base + Série 2	Percentagem acumulada do material que passa				
	Fuso granulométrico	Agregados		Composição granulométrica	
		0/4	04/10		
		13%	87%		
12,5	100	100	100	100	100
10	90	100	100	94,5	95
6,3	45	60	99,8	47,5	54
4	12	25	87,3	11,9	22
2	9	15	61,1	2,4	10
0,063	0	3	8,0	0,8	1,7



FUSO E CURVA DA MISTURA OBTIDA

3. ESTUDO FORMULAÇÃO, SMA 10S RAR 40%

Requisitos/ Propriedades (Relação ponderal de RAR no ligante betuminoso de 38 a 42%)		Referência normativa	Unidade	Valores nominais declarados pelo fabricante	Resultados obtidos (60%Betume+40%RAR)
Massa volúmica do ligante betuminoso (betume+RAR)	a 25°C	EN 15326	Mg/m ³	A declarar	1,132
Consistência à temperatura de serviço intermédia	Penetração a 25°C	NP EN 1426	0,1 mm	> 10	20
Consistência à temperatura de serviço elevada	Temperatura de amolecimento	NP EN 1427	°C	≥ 70	81
Durabilidade (Resistência ao envelhecimento – RTFOT a 163°C, NP EN 12607-1)	Penetração retida	NP EN 1426	%	≥ 60	80
	Aumento da temperatura de amolecimento	NP EN 1427	°C	Classe 2 ≤ 10	5
	Redução da temperatura de amolecimento	NP EN 1427	°C	≤ 5	-
	Variação de massa (valor absoluto)	NP EN 12607-1	%	Classe 4 ≤ 0,8	0,1
Outros requisitos	Resiliência	ASTM D 5329	%	≥ 50	58
	Viscosidade dinâmica a 175°C após 5 min (VIS 5 min @ 175°C)	EN 13302	MPa.s	≥ 5000	8600
	Viscosidade dinâmica a 175°C após 120 min	EN 13302	MPa.s	>Vis 5 min @ 175°C	9400
				<1,5 x VIS 5 min @ 175°C	1,09
	Ensaio de fluência e recuperação com múltiplos ciclos de tensão (MSCR) Média de recuperação a 3,2 kPa	EN 16659	%	≥ 80	80
Temperatura de inflamação	EN ISO 2592	°C	≥ 235	-	

REQUISITOS E RESULTADOS DA RELAÇÃO PONDERAL DO BETUME 60% + RAR 40%



3. ESTUDO FORMULAÇÃO, SMA 10S RAR 40%

RESULTADOS MARSHALL

% de Betume	Baridade (g/cm ³)	BMT (g/cm ³)	Estabilidade (KN)	Deformação (mm)	Porosidade (%)	VMA (%)	Saturação Betume (%)
11,0	2,259	2,358	10,8	2,7	4,2	26,2	83,9
11,5	2,255	2,344	10,3	3,2	3,8	26,7	85,8
12,0	2,264	2,330	9,9	4,4	2,9	26,8	89,4
12,5	2,256	2,316	10,3	2,9	2,6	27,5	90,5
13,0	2,278	2,302	10,2	3,4	1,0	27,2	96,2

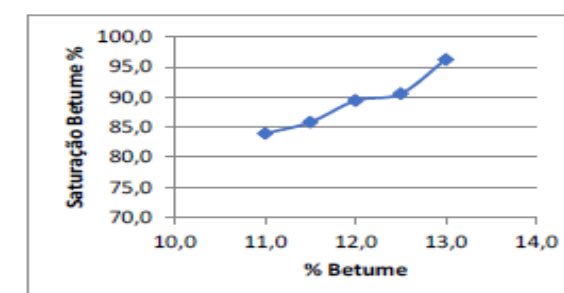
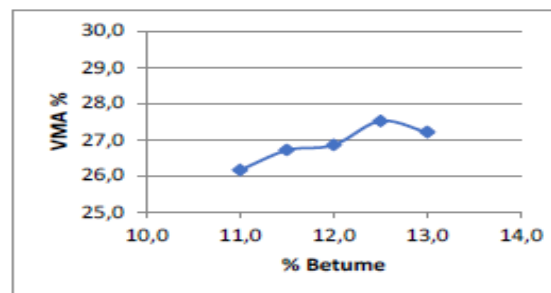
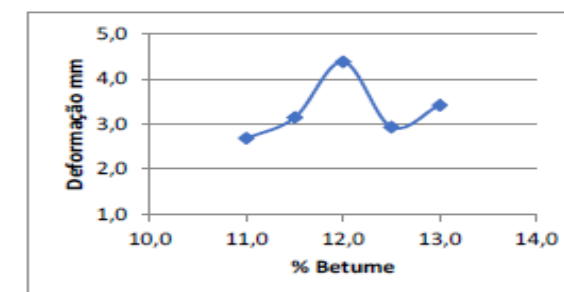
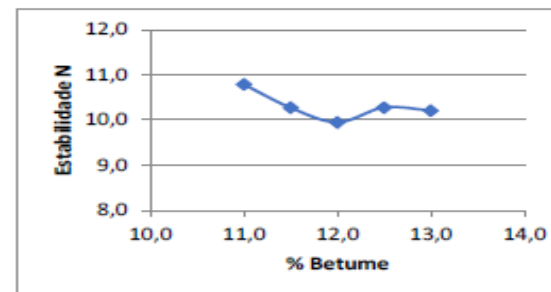
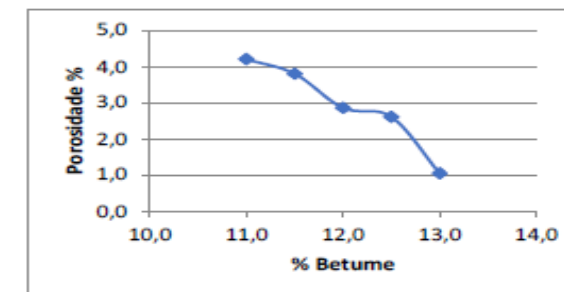
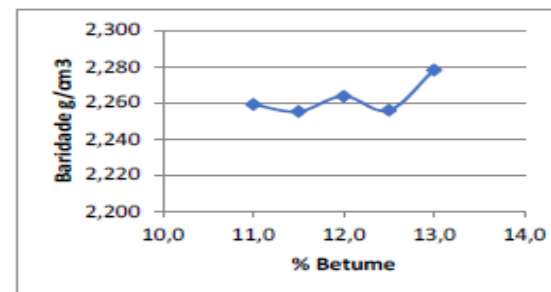
Índice Resistência Conservada (IRC) MIL-STD- 620^a - 94,1%

Sensibilidade à Água (ITSR) método A, EN 12697-12 - 100%

ENSAIO DE ESCORRIMENTO

Ensaio	Draindown	Média dos ensaios	Resultado
1	0,10	0,1	D ≤ 0,3% conforme
2	0,09		

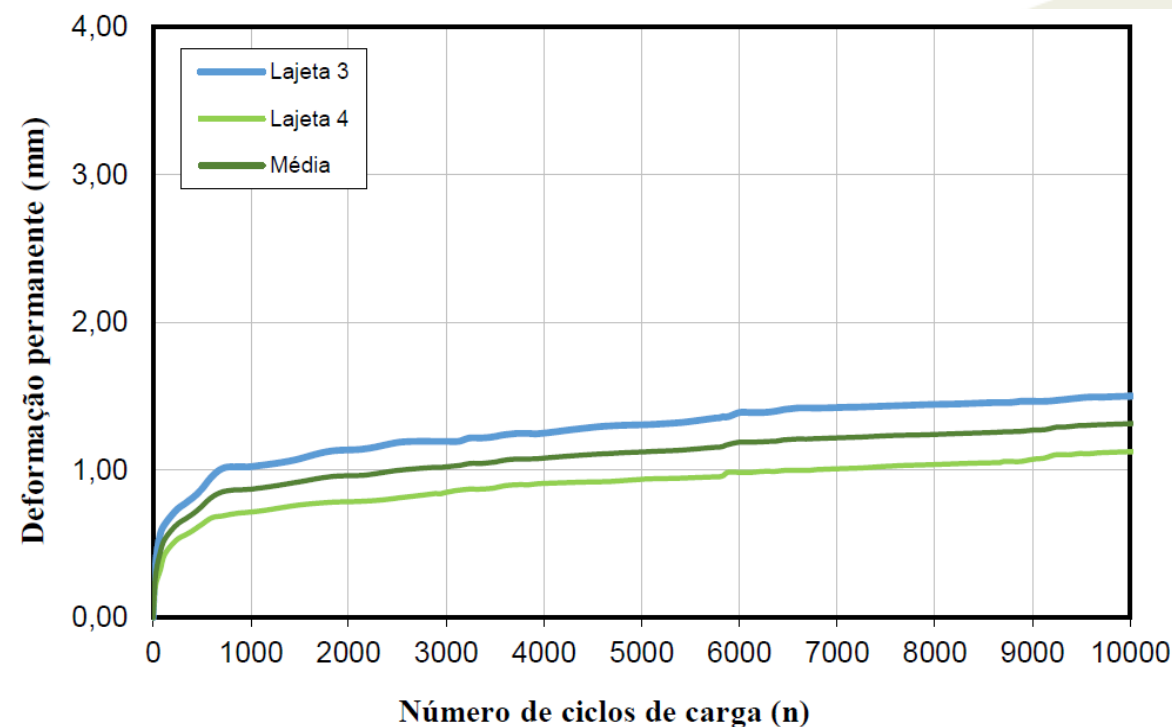
RESULTADOS MARSHALL - GRÁFICOS



3. ESTUDO FORMULAÇÃO, SMA 10S RAR 40%

ENSAIOS DE DEFORMAÇÃO PERMANENTE - EN 12697-22 PROCEDIMENTO B

Deformação máxima (profundidade de rodeira a 10000 ciclos), mm	1,50
Deformação máxima (profundidade de rodeira a 10000 ciclos), mm	1,12
Média da profundidade de rodeira a 10000 ciclos, mm	1,3
Taxa de deformação (entre o ciclo 5000 e 10000), mm/103 ciclos	0,04
Taxa de deformação (entre o ciclo 5000 e 10000), mm/103 ciclos	0,04
Taxa de deformação média (WTSAIR), mm/10³ ciclos	0,04
Percentagem de profundidade de rodeira a 10000 ciclos	3,00
Percentagem de profundidade de rodeira a 10000 ciclos	2,25
Média da percentagem da profundidade de rodeira (PRDAIR), %	2,6



RESULTADOS DESEMPENHO DA MISTURA



3. ESTUDO FORMULAÇÃO, SMA 10S RAR 40%

Requisitos e propriedades		Ref. normativa	Condições específicas dos ensaios	Unidade	SMA 10S surf RAR	Resultados obtidos 11.5%Ligante (60%Betume+40%RAR)
Características Marshall	Estabilidade, máx.	EN12697-34	Moldagem dos provetes: EN 12697-30 75 pancadas	kN	Valor a declarar	10,3
	Estabilidade, mín.			kN	S _{min} 8	
	Deformação, máx.			mm	F5	3,2
	Deformação, mín.			mm	F3	
	Quociente Marshall			kN/mm	Valor a declarar	3,2
Vazios na mistura de agregados (VMA), mín.	EN12697-8	EN 12697-8 - Calculada com base na baridade máxima teórica ^(a) - determinada segundo a EN 12697-5, procedimento A, em água e na baridade ^(b) determinada segundo a EN 12697-6, procedimento B, provete saturado com a superfície seca	%	VM _{Amin} 25	26,7	
Porosidade, V _m	EN12697-8	EN 12697-8 - Calculada com base na baridade máxima teórica ^(a) - determinada segundo a EN 12697-5, procedimento A, em água e na baridade ^(b) - determinada segundo a EN 12697-6, procedimento B, provete saturado com a superfície seca	%	V _{min} 3,0- V _{max} 5,5	3,8	
Percentagem de ligante betuminoso (betume+RAR)	-	-	%	B _{min} 11,0 ^(d)	11,5	

Índice de Resistência Conservada (IRC) em ensaios de compressão Marshall, mín.		MIL-STD-620A	Moldagem dos provetes: EN 12697-30 75 pancadas	%	90	94,1
Resistência à Deformação Permanente ("Wheel-tracking")	Taxa de deformação máxima, WTS _{AIR}	EN12697-22	Equipamento pequeno, procedimento B, acondicionamento ao ar, temperatura do ensaio a 60°C	mm/10 ³ ciclos de carga	0,06	0,04
	Profundidade de rodeira máxima, PRD _{AIR}			%	Valor a declarar	2,6
Percentagem de ligante por ignição		EN12697-39	Determinada para a percentagem óptima de ligante da mistura em estudo (opt) e para mais quatro percentagens de ligante: opt- 1%; opt-0,5%; opt+0,5%; opt+1% ^(d)	%	Valor a declarar	opt-1,0% - 8,44 opt-0,5% - 8,79 opt - 9,06 opt+0,5% - 9,33 opt+1,0% - 9,85
Resistência à fadiga (Número de ciclos, mín.)		EN12697-24	Ensaio com frequência de 10 Hz, temperatura de 20°C e extensão máxima de 500 x 10 ⁶ ; o resultado é o valor médio de três provetes	ciclos de carga	1,2 x 10 ⁶	
Relação ponderal de RAR no ligante betuminoso		-	Percentagem ponderal de RAR no ligante betuminoso (betume + RAR)	%	38 a 42	40
Sensibilidade à água, ITS _R , mín		EN12697-12	Moldagem dos provetes: EN 12697-30 – 75 pancadas, temperatura do ensaio: 15°C	%	ITS ₉₀	100
E scorrimento de betume, máx		EN12697-18	Ensaio de Schellenberg em copo de vidro	%	0,3	0,1

(a) - Calculada para a percentagem óptima de ligante da mistura em estudo.

(b) - Para a moldagem dos provetes é utilizado o compactador de impacto com 75 pancadas, de acordo com a norma EN 12697-30.

(c) - Este valor corresponde à menor percentagem de ligante betuminoso a utilizar no fabrico da mistura betuminosa - a considerar para ponto de partida do ensaio Marshall - a partir da qual serão fabricadas mais 4 misturas betuminosas, com cinco percentagens de ligante betuminoso, com incrementos sucessivos de 0,5 % de betume

(d) - Para cada percentagem de ligante o valor declarado corresponde ao valor médio de no mínimo três ensaios.

RESULTADOS FINAIS OBTIDOS PARA A % ÓTIMA DO ESTUDO / EXIGÊNCIAS



4. CENTRAL PRODUÇÃO / TRANSPOSIÇÃO PARA CENTRAL, SMA 10S RAR 40% CENTRAL DE PRODUÇÃO CONTINUA DE MARCA ERMONT - MODELO RM160



4. CENTRAL PRODUÇÃO / TRANSPOSIÇÃO PARA CENTRAL, SMA 10S RAR 40%



SILO ARMAZENAMENTO DO RAR E BIG-BAG RAR



TAPETE DE INTRODUÇÃO DO RAR

4. CENTRAL PRODUÇÃO / TRANSPOSIÇÃO PARA CENTRAL, SMA 10S RAR 40%

TRANSPOSIÇÃO / RECOLHA AMOSTRA



TRANSPOSIÇÃO / FORMULA TRABALHO

Material		%	
Agregado 4/10		77,0	
Agregado 0/4		11,5	
Ligante Betuminoso	60% Betume 50/70	6,9	11,5
	40% RAR	4,6	

Calibração RAR				
F (Hz)	10	20	30	40
T (HH:mm)	00:03	00:03	00:03	00:03
Peso (t)	0,072	0,145	0,216	0,289

Hz	peso (t) em 3 min	min	peso (t) em 1 min	min	peso (t) em 60
20	0,145	3	0,048	60	2,900
30	0,216	3	0,072	60	4,320

RAR: (%)	4,6
Mistura (%)	104,8

Cad. Central (t/H)	Caudal (t/H)	F (Hz)
70	3,36	23,3
80	3,84	26,6

1ª fórmula Central 70t/h + RAR 3,360t/h = 73,360
 $3,360t/h \times 100 / 73,360 = 4,580\%$ de RAR_Frequência 23,3Hz

Aprovada Central 70t/h + RAR 3,375t/h = 73,375
 $3,375t/h \times 100 / 73,375 = 4,5996\%$ de RAR_Frequência 23,5Hz



4. CENTRAL PRODUÇÃO / TRANSPOSIÇÃO PARA CENTRAL, SMA 10S RAR 40%

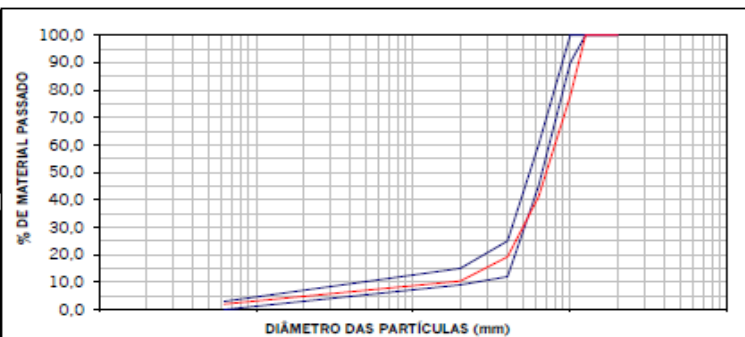
MISTURA A SECO

Peneiros	Material Retido		Mat. Acumulado		Fuso		
	mm	Peso (g)	Perc. (%)	Passado (%)	Retido (%)	Limite inferior	Limite superior
20	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	
14	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	
12,5	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	
Provetes (Compactador de impacto com pedestral de madeira)	10	215	22,1	77,9	22,1	90,0	100,0
Nº pancadas	6,3	357	36,8	41,1	58,9	45,0	60,0
Temperatura compactação	4	212	21,8	19,2	80,8	12,0	25,0
	2	86	8,9	10,4	89,6	9,0	15,0
Baridade máxima teórica (Procedimento A - Volumétrico)	0,063	81	8,3	2,0	98,0	0,0	3,0
	< 0,063	19,5	2,0	0,0	100,0		
Total		969,4	100,0	0,0	100,0		

Nº prov.	h média h (mm)	P _w (Kg/m ³)	Peso (g)			Baridade P _{basid} (Kg/m ³)	Caract. Volumétricas			Estabilidade (S)		Deform. F (mm)	Deform. F _t (mm)	Quociente Marshall (kN/mm)
			no ar (m ₁)	na água (m ₂)	sup. seca (m ₃)		V _m (%)	VMA (%)	VFB (%)	Medida (N)	Corrig. (kN)			
1														
2														
3														
4														
Procedimento	B	Temp.			Médias									

Pesos (g)	
Tara	W _t
Tara+Amostra	W _{t+a}
Tara+Agregado	W _{t+a}
Amostra	W _a
Agregado	W _a
Betume	W _{bet}

Betume	
Método/Valor de calibração	
% betume	
Baridade betume	
Rel. ponderal filler/betume	



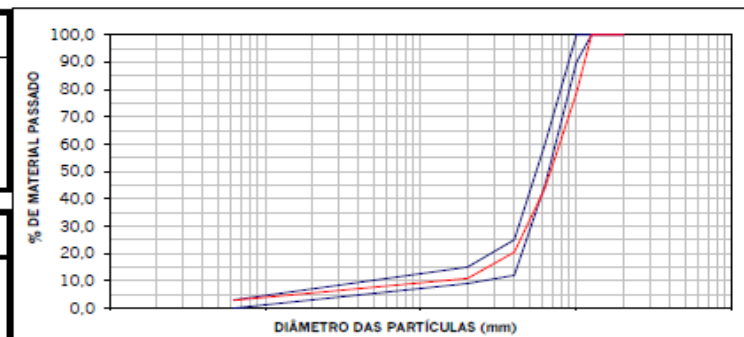
MISTURA COM BETUME

Peneiros	Material Retido		Mat. Acumulado		Fuso		
	mm	Peso (g)	Perc. (%)	Passado (%)	Retido (%)	Limite inferior	Limite superior
20	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	
14	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	
12,5	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	
Provetes (Compactador de impacto com pedestral de madeira)	10	207	21,3	78,7	21,3	90,0	100,0
Nº pancadas	6,3	338	34,8	44,0	56,0	45,0	60,0
Temperatura compactação	4	229	23,5	20,4	79,6	12,0	25,0
	2	92	9,5	10,9	89,1	9,0	15,0
Baridade máxima teórica (Procedimento A - Volumétrico)	0,063	78	8,0	2,9	97,1	0,0	3,0
	< 0,063	27,9	2,9	0,0	100,0		
Total		971,1	100,0	0,0	100,0		

Nº prov.	h média h (mm)	P _w (Kg/m ³)	Peso (g)			Baridade P _{basid} (Kg/m ³)	Caract. Volumétricas			Estabilidade (S)		Deform. F (mm)	Deform. F _t (mm)	Quociente Marshall (kN/mm)
			no ar (m ₁)	na água (m ₂)	sup. seca (m ₃)		V _m (%)	VMA (%)	VFB (%)	Medida (N)	Corrig. (kN)			
1														
2														
3														
4														
Procedimento	B	Temp.			Médias									

Pesos (g)		
Tara	W _t	3 902,3 g
Tara+Amostra	W _{t+a}	4 975,1 g
Tara+Agregado	W _{t+a}	4 873,4 g
Amostra	W _a	1 072,8 g
Agregado	W _a	971,1 g
Betume	W _{bet}	101,7 g

Betume	
Método/Valor de calibração	
% betume	9,48%
Baridade betume	
Rel. ponderal filler/betume	



RESULTADOS OBTIDOS E APROVADOS PARA TRECHO EXPERIMENTAL



5. EXECUÇÃO DE TRECHO EXPERIMENTAL, SMA 10S RAR 40%

SMA 10S RAR 40%

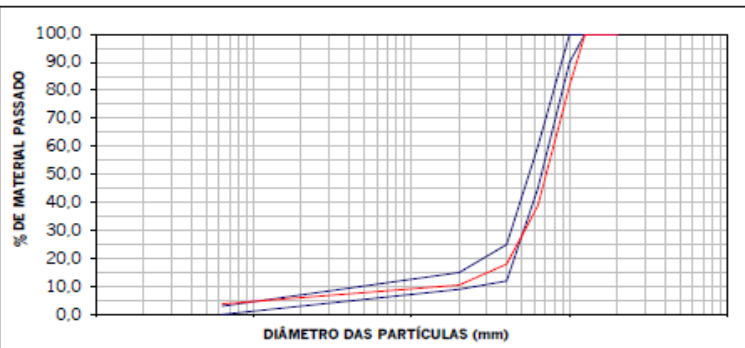
	Peneiros		Material Retido		Mat. Acumulado		Fuso	
	mm	Peso (g)	Perc. (%)	Passado (%)	Retido (%)	Limite inferior	Limite superior	
	20	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	
	14	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	
	12,5	3	0,3	99,7	0,3	100,0	100,0	
Provetes (Compactador de impacto com pedestral de madeira)	10	215	18,0	81,7	18,3	90,0	100,0	
Nº pancadas	75	6,3	51,0	42,8	38,9	61,1	45,0	60,0
Temperatura compactação	170 °C	4	249	20,9	18,0	82,0	12,0	25,0
		2	89	7,5	10,5	89,5	9,0	15,0
Baridade máxima teórica (Procedimento A - Volumétrico)		0,063	80	6,7	3,8	96,2	0,0	3,0
		< 0,063	45,0	3,8	0,0	100,0		
2370	Total	1191,0	100,0	0,0	100,0			

Trecho Experimental realizado numa sub-fresagem regularizada entre o Km 48+175 e o Km 48+330.

Nº prov.	h média h (mm)	ρ _w (Kg/m³)	Peso (g)			Baridade ρ _{bet} (Kg/m³)	Caract. Volumétricas			Estabilidade (S)		Deform. F (mm)	Deform. F _i (mm)	Quociente Marshall (kN/mm)
			no ar (m _a)	na água (m _a)	sup. seca (m _s)		V _m (%)	VMA (%)	VFB (%)	Medida (N)	Corrig. (kN)			
1	68	998,1	1146,2	651,0	1157,5	2259	4,7	25,0	81,2		7,185	4,5		1,6
2	68	998,1	1144,6	650,2	1152,9	2273	4,1	24,5	83,3		7,465	4,5		1,7
3	68	998,1	1144,9	650,7	1153,1	2275	4,0	24,4	83,6		7,360	4,4		1,7
4	68	998,1	1144,9	650,4	1155,4	2263	4,5	24,8	81,8					
5	68	998,1	1145,5	651,0	1154,8	2269	4,2	24,6	82,8					
6	68	998,1	1144,8	650,0	1153,9	2268	4,3	24,7	82,5					
Procedimento	B	Temp.	21,0 °C	Médias	2268	4,3	24,7	82,5			7,337	4,5		1,6

Pesos (g)		
Tara	W _t	3 902,4 g
Tara+Amostra	W ₁₊₅	5 213,5 g
Tara+Agregado	W ₁₊₃	5 093,4 g
Amostra	W ₅	1 311,1 g
Agregado	W ₃	1 191,0 g
Betume	W _{bet}	120,1 g

Betume	
Método/Valor de calibração	
% betume	9,16%
Baridade betume	
Rel. ponderal filler/betume	



Ensaio "Marshall"

Resistência Conservada em Misturas Betuminosas

Código do ensaio: RC

Norma ou especificação: MIL STD 620A

Imersão a 60 °C / 40 minutos

% Betume	Provetes	Peso (g)			Temperatura (°C)	Provetes		Baridade (g/cm³)	Carga Rotura (kN)	Deformação (mm)
		ao ar	na água	c/ sup. seca		Altura (mm)	Volume(cm³)			
9,2%	1	1146,2	651,0	1157,5	21	68	506,5	2,259	7,185	4,5
	2	1144,6	650,2	1152,9	21	68	502,7	2,273	7,465	4,5
	3	1144,9	650,7	1153,1	21	68	502,4	2,275	7,360	4,4
Valores médios:								2,27 g/cm³	7,3 kN	4,5 mm

Imersão a 60 °C / 24 horas

% Betume	Provetes	Peso (g)			Temperatura (°C)	Provetes		Baridade (g/cm³)	Carga Rotura (kN)	Deformação (mm)
		ao ar	na água	c/ sup. seca		Altura (mm)	Volume(cm³)			
9,2%	4	1144,9	650,4	1155,4	21	68	505,0	2,263	6,600	5,2
	5	1145,5	651,0	1154,8	21	68	503,8	2,270	6,829	5,1
	6	1144,8	650,0	1153,9	21	68	503,9	2,268	6,750	5,1
Valores médios:								2,27 g/cm³	6,7 kN	5,1 mm

Resistencia Conservada

92%

5. EXECUÇÃO DE TRECHO EXPERIMENTAL, SMA 10S RAR 40%

CAROTES

CAROTE N°	1	2	3							
LOCALIZAÇÃO	KM	48+183	48+228	48+273						
	FAIXA / LADO	Dir	Dir	Dir						
	DISTÂNCIA AO EIXO (m)	3,12	2,04	0,86						
	CONDIÇÕES DA REGA	Boa	Boa	Boa						
	CAMADA	Surf	Surf	Surf						
ESPESSURA PROJETO (cm)	3,5	3,5	3,5							
ESPESSURA OBTIDA (cm)	3,5	3,3	3,4							
PESO NO AR (g)	669,0	518,4	573,3							
PESO NA AGUA (g)	378,1	291,1	323,3							
PESO SUP. SECA (g)	672,3	521,7	576,1							
VOLUME (m³)	294,2	230,6	252,8							
BARIDADE DOS CAROTES (Kg/m³)	2270	2244	2264							
BARIDADE MÁXIMA TEÓRICA (Kg/m³)	2370	2370	2370							
POROSIDADE (%)	4,2	5,3	4,5							

Temperatura da água de ensaio: 21 °C

CAROTES TRECHO EXPERIMENTAL



	MÉDIA
BARIDADE (Kg/m³)	2259
POROSIDADE (%)	4,7
ESPESSURA (cm)	3,4
POROSIDADE (%) C.E.	3-6
POROSIDADE INDIVIDUAL (%) C.E.	≤ 7

CAROTES

CAROTE N°	A	B	C	D	E	F				
LOCALIZAÇÃO	KM	48+315	48+315	48+315	48+315	48+315	48+315			
	FAIXA / LADO	Dir	Dir	Dir	Dir	Dir	Dir			
	DISTÂNCIA AO EIXO (m)	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80			
	CONDIÇÕES DA REGA									
	CAMADA	Surf	Surf	Surf	Surf	Surf	Surf			
ESPESSURA PROJETO (cm)										
ESPESSURA OBTIDA (cm)	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2				
PESO NO AR (g)	914,9	873,1	845,2	854,0	849,9	827,6				
PESO NA AGUA (g)	512,5	490,6	475,4	479,6	476,1	465,2				
PESO SUP. SECA (g)	916,7	876,4	848,1	857,7	853,7	831,6				
VOLUME (m³)	404,2	385,8	372,7	378,1	377,6	366,4				
BARIDADE DOS CAROTES (Kg/m³)	2259	2259	2264	2255	2247	2255				
BARIDADE MÁXIMA TEÓRICA (Kg/m³)	2370	2370	2370	2370	2370	2370				
POROSIDADE (%)	4,7	4,7	4,5	4,9	5,2	4,9				

Temperatura da água de ensaio: 21 °C

CAROTES DAS PLACAS PARA DEFORMAÇÃO PERMANENTE


	MÉDIA
BARIDADE (Kg/m³)	2256
POROSIDADE (%)	4,8
ESPESSURA (cm)	4,2
POROSIDADE (%) C.E.	3-7
POROSIDADE INDIVIDUAL (%) C.E.	≤ 7

5. EXECUÇÃO DE TRECHO EXPERIMENTAL, SMA 10S RAR 40%

RESISTÊNCIA À DERRAPAGEM e MANCHA DE AREIA

Código do ensaio: **M.Areia / EPBrit**

Norma: **EN 13036-1 / EN 13036-4**

PÊNDULO BRITÂNICO - RESISTÊNCIA À DERRAPAGEM -											MANCHA DE AREIA - DETERMINAÇÃO DA RUGOSIDADE -								
Ensaio Nº	Localizaç. Km	Via	Dista. Traço Guia m	Temper. °C	Leitura dos Ensaios				Média PTV	Correcção Temperatu. °C	Valor Corrigido PTV	Dista. Traço Eixo m	Diâmetro do Círculo dos Ensaios mm				Média mm	Altura de Areia MTD mm	Altura de Areia Média MTD mm
					PTV	PTV	PTV	PTV											
1	48+185	Direita	0,85	22	70	70	70	70	70	0,5	71	1,36	170	165	165	170	168	1,13	1,14
												2,12	160	165	165	165	164	1,18	
												2,87	165	170	170	170	169	1,11	
2	48+210	Direita	0,85	22	70	70	70	70	70	0,5	71	1,20	175	170	175	175	174	1,05	1,07
												1,83	170	175	170	170	171	1,08	
												2,52	170	170	170	175	171	1,08	
3	48+235	Direita	0,85	22	70	70	70	70	70	0,5	71	1,50	170	175	175	170	173	1,07	1,09
												2,06	165	170	170	165	168	1,13	
												2,76	175	170	170	175	173	1,07	
4	48+260	Direita	0,85	22	70	70	70	70	70	0,5	71	1,39	170	170	175	180	174	1,05	1,06
												1,96	180	180	165	170	174	1,05	
												2,62	170	180	170	170	173	1,07	
5	48+285	Direita	0,85	22	75	75	75	75	75	0,5	76	1,45	170	175	170	175	173	1,07	1,09
												1,96	170	170	165	170	169	1,11	
												2,58	170	170	170	175	171	1,08	
**6	48+185	Direita	0,85	22	75	75	75	75	75	0,5	76	<i>Executei e verifiquei os respetivos ensaios realizados em conjunto.</i> <i>Pauão Valentim</i> 							
**7	48+210	Direita	0,85	22	75	75	75	75	75	0,5	76								
Valor PTV Média da Camada											Valor MTD Média da Camada						1,09		
Exigências das Cláusulas Técnicas da IP											Exigências das Cláusulas Técnicas da IP						≥ 1,0		

Ensaiou:	Verificou:	Em conformidade: Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
Operador Laboratório 3036 74783 08-04-2022		Observações: Ensaios realizados em conjunto com a fiscalização. Ensaios realizados no "Trecho Experimental" executado 06/04/2022, numa sub-fresagem regularizada entre o Km 48+180 e o Km 48+330. ** Pêndulo Britânico: Ensaio realizado após "escoagem" do pavimento.





5. EXECUÇÃO DE TRECHO EXPERIMENTAL, SMA 10S RAR 40%

Wheel tracking

EN 12697-22 (Procedure B)

Name of test SMA 10S RAR comp. em obra

Código de Obra: 21.0386

Mistura: SMA 10S RAR

Betume: 50/70 CEPESA

Agregados: Granito

Aditivos: RAR-X

Data Fabrico Placas: 06-04-2022

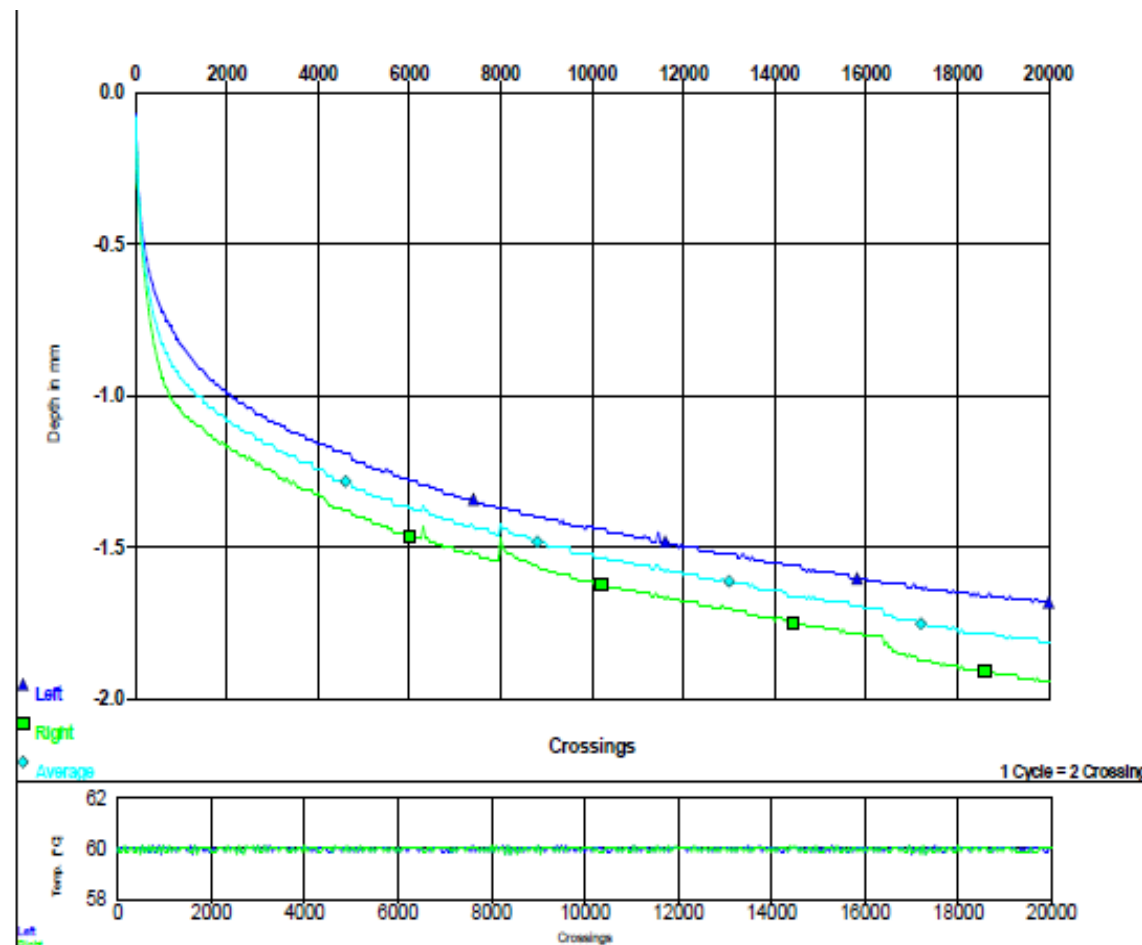
Data de Ensaio: 22-04-2022

Esp. Esq / Dir (mm): 42 / 42

Téc. Laboratório:

Placas realizadas em obra no
trecho experimental ao km
48+315 na via da direita

Sample	Wheel-tracking slope [mm/1000 cycles]	Wheel-tracking slope (linear part) [mm/1000 cycles]	Rut depth [mm]	prop. rut depth [%]
Left	0,05 (d10000-d5000)	0,06 (d8275-d6275)	1,7	4,0
Right	0,07 (d10000-d5000)	0,06 (d6925-d4925)	1,9	4,6
Average value	0,06	0,06	1,8	4,3





5. EXECUÇÃO DE TRECHO EXPERIMENTAL, SMA 10S RAR 40%



5. EXECUÇÃO DE TRECHO EXPERIMENTAL, SMA 10S RAR 40%



6. EXECUÇÃO DA APLICAÇÃO DA MISTURA BETUMINOSA, SMA 10S RAR 40%



Inovação em Pavimentação
Misturas Betuminosas
com Borracha Reagida e Ativada (RAR)



7. CONTROLO DE QUALIDADE OBTIDO DURANTE A EMPREITADA, SMA 10S RAR 40%



RAR PURO



7. CONTROLO DE QUALIDADE OBTIDO DURANTE A EMPREITADA, SMA 10S RAR 40%

	Peneiros mm	Material Retido		Mat. Acumulado		Fuso	
		Peso (g)	Perc. (%)	Passado (%)	Retido (%)	Limite inferior	Limite superior
	10	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0
	6,3	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0
Provetes (Compactador de impacto com pedestral de madeira)	4	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0
Nº pancadas	2	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0
Temperatura compactação	1	0,0	0,0	100,0	0,0	95,0	100,0
	0,5	48,4	46,9	53,1	46,9	40,0	90,0
	0,25	31,5	30,5	22,6	77,4	10,0	50,0
Baridade máxima teórica (Procedimento A - Volumétrico)	0,063	17,3	16,8	5,8	94,2	0,0	15,0
	< 0,063	6,0	5,8	0,0	100,0		
Total	103,2	100,0	0,0	100,0			

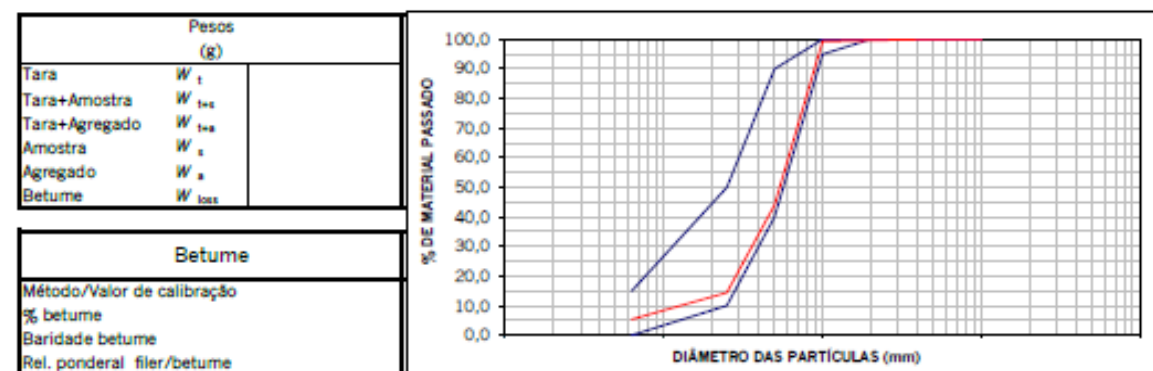
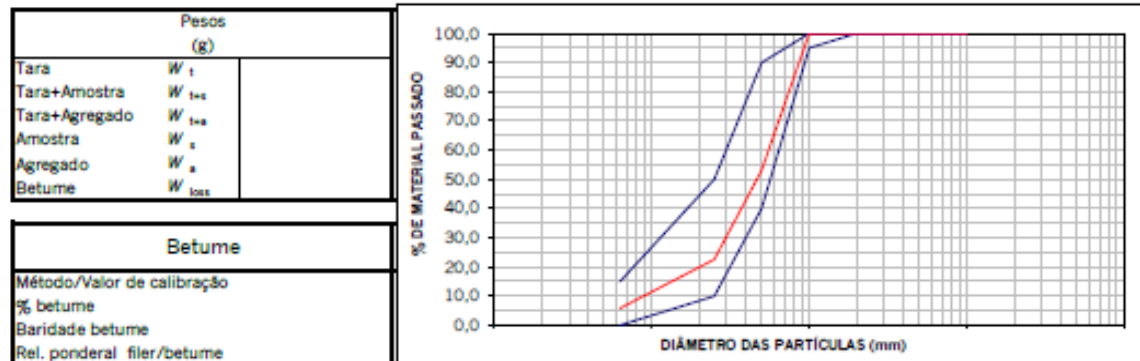
Ensaio Granulométrico, realizado no RAR Puro.

	Peneiros mm	Material Retido		Mat. Acumulado		Fuso	
		Peso (g)	Perc. (%)	Passado (%)	Retido (%)	Limite inferior	Limite superior
	10	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0
	6,3	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0
Provetes (Compactador de impacto com pedestral de madeira)	4	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0
Nº pancadas	2	0,3	0,3	99,7	0,3	100,0	100,0
Temperatura compactação	1	0,4	0,4	99,3	0,7	95,0	100,0
	0,5	55,6	55,3	44,0	56,0	40,0	90,0
	0,25	29,8	29,6	14,4	85,6	10,0	50,0
Baridade máxima teórica (Procedimento A - Volumétrico)	0,063	9,1	9,0	5,4	94,6	0,0	15,0
	< 0,063	5,4	5,4	0,0	100,0		
Total	100,6	100,0	0,0	100,0			

Ensaio Granulométrico, realizado no RAR Puro.

Nº prov.	h média h (mm)	ρ_w (Kg/m ³)	Peso (g)			Baridade ρ_{teor} (Kg/m ³)	Caract. Volumétricas			Estabilidade (S)		Deform. F (mm)	Deform. F ₁ (mm)	Quociente Marshall (kN/mm)
			no ar (m _a)	na água (m _g)	sup. seca (m _s)		V _m (%)	VMA (%)	VFB (%)	Medida (N)	Corrig. (kN)			
1														
2														
3														
4														
Procedimento	B	Temp.		Médias										

Nº prov.	h média h (mm)	ρ_w (Kg/m ³)	Peso (g)			Baridade ρ_{teor} (Kg/m ³)	Caract. Volumétricas			Estabilidade (S)		Deform. F (mm)	Deform. F ₁ (mm)	Quociente Marshall (kN/mm)
			no ar (m _a)	na água (m _g)	sup. seca (m _s)		V _m (%)	VMA (%)	VFB (%)	Medida (N)	Corrig. (kN)			
1														
2														
3														
4														
Procedimento	B	Temp.		Médias										



RAR PURO



7. CONTROLO DE QUALIDADE OBTIDO DURANTE A EMPREITADA, SMA 10S RAR 40%

Amostra gêmea, método centrífuga, amostra ensaiada em conjunto nas instalações da JP em Almada.

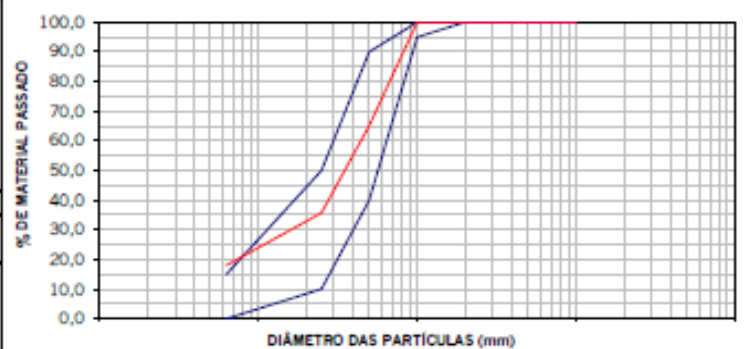
	Peneiros		Material Retido		Mat. Acumulado		Fuso	
	mm	Peso (g)	Perc. (%)	Passado (%)	Retido (%)	Limite inferior	Limite superior	
	10	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	
	6,3	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	
Provetes (Compactador de impacto com pedestral de madeira)	4	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	
Nº pancadas	2	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	
Temperatura compactação	1	0,5	28,1	35,0	65,0	35,0	40,0	90,0
	0,25	23,6	29,4	35,7	64,3	10,0	50,0	
Baridade máxima teórica (Procedimento A - Volumétrico)	0,063	14,2	17,7	18,0	82,0	0,0	15,0	
	< 0,063	14,5	18,0	0,0	100,0			
Total		80,4	100,0	0,0	100,0			

Ensaio da Porcentagem de Betumo e análise Granulométrica, realizado no RAR Pwo.

Nº prov.	h média h (mm)	ρ_w (Kg/m ³)	Peso (g)			Baridade ρ_{teor} (Kg/m ³)	Caract. Volumétricas			Estabilidade (S)		Deform. F (mm)	Deform. F ₁ (mm)	Quociente Marshall (kN/mm)
			no ar (m ₁)	na água (m ₂)	sup. seca (m ₃)		V _m (%)	VMA (%)	VFB (%)	Medida (N)	Corrig. (kN)			
1														
2														
3														
4														
Procedimento	B	Temp.			Médias									

Pesos (g)		
Tara	W _t	2 607,0 g
Tara+Amostra	W _{1+a}	2 706,6 g
Tara+Agregado	W _{1+a}	2 687,4 g
Amostra	W _a	99,6 g
Agregado	W _a	80,4 g
Betume	W _{bet}	19,2 g

Betume	
Método/Valor de calibração	
% betume	19,25%
Baridade betume	
Rel. ponderal filler/betume	



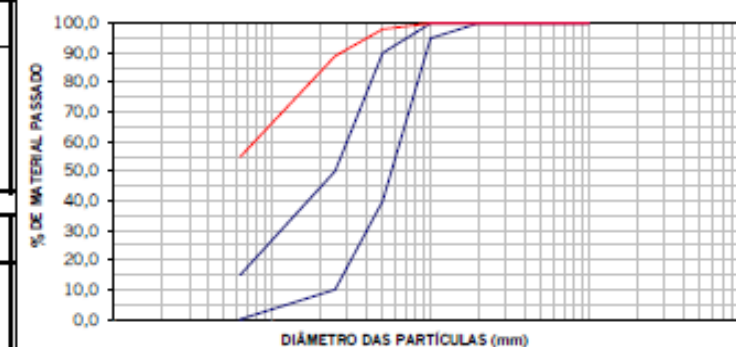
	Peneiros		Material Retido		Mat. Acumulado		Fuso	
	mm	Peso (g)	Perc. (%)	Passado (%)	Retido (%)	Limite inferior	Limite superior	
	10	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	
	6,3	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	
Provetes (Compactador de impacto com pedestral de madeira)	4	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	
Nº pancadas	2	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	
Temperatura compactação	1	0,5	0,8	2,0	98,0	2,0	40,0	90,0
	0,25	3,7	9,1	89,0	11,0	10,0	50,0	
Baridade máxima teórica (Procedimento A - Volumétrico)	0,063	13,9	34,1	54,9	45,1	0,0	15,0	
	< 0,063	22,4	54,9	0,0	100,0			
Total		40,8	100,0	0,0	100,0			

Ensaio da Porcentagem de Betumo e análise Granulométrica, realizado no RAR Pwo.

Nº prov.	h média h (mm)	ρ_w (Kg/m ³)	Peso (g)			Baridade ρ_{teor} (Kg/m ³)	Caract. Volumétricas			Estabilidade (S)		Deform. F (mm)	Deform. F ₁ (mm)	Quociente Marshall (kN/mm)
			no ar (m ₁)	na água (m ₂)	sup. seca (m ₃)		V _m (%)	VMA (%)	VFB (%)	Medida (N)	Corrig. (kN)			
1														
2														
3														
4														
Procedimento	B	Temp.			Médias									

Pesos (g)		
Tara	W _t	3 418,9 g
Tara+Amostra	W _{1+a}	3 522,9 g
Tara+Agregado	W _{1+a}	3 462,2 g
Amostra	W _a	104,0 g
Agregado	W _a	43,3 g
Betume	W _{bet}	60,7 g

Betume	
Método/Valor de calibração	
% betume	58,37%
Baridade betume	
Rel. ponderal filler/betume	



RAR PURO



7. CONTROLO DE QUALIDADE OBTIDO DURANTE A EMPREITADA, SMA 10S RAR 40%

Dia da colheita	19-04-2022
Localização	Central Alcácer do Sal

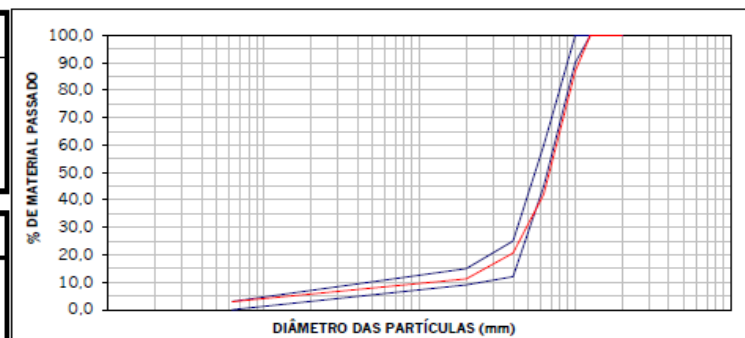
Temperatura	188,0 °C
Hora	8:35

	Peneiros		Material Retido		Mat. Acumulado		Fuso	
	mm	Peso (g)	Perc. (%)	Passado (%)	Retido (%)	Limite inferior	Limite superior	
	20	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	
	14	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	
Provetes (Compactador de impacto com pedestral de madeira)	12,5	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	
Nº pancadas	10	147	13,1	86,9	13,1	90,0	100,0	
Temperatura compactação	6,3	504	44,8	42,1	57,9	45,0	60,0	
	4	241	21,5	20,6	79,4	12,0	25,0	
	2	106	9,4	11,2	88,8	9,0	15,0	
Baridade máxima teórica (Procedimento A - Volumétrico)	0,063	93	8,3	2,9	97,1	0,0	3,0	
	< 0,063	32,8	2,9	0,0	100,0			
Total		1125,1	100,0	0,0	100,0			

Nº prov.	h média h (mm)	ρ_w (Kg/m³)	Peso (g)			Baridade ρ_{bssd} (Kg/m³)	Caract. Volumétricas			Estabilidade (S)		Deform. F (mm)	Deform. F _t (mm)	Quociente Marshall (kN/mm)
			no ar (m ₁)	na água (m ₂)	sup. seca (m ₃)		V _m (%)	VMA (%)	VFB (%)	Medida (N)	Corrig. (kN)			
1														
2														
3														
4														
Procedimento	B	Temp.			Médias									

Pesos (g)		
Tara	W _t	3 902,4 g
Tara+Amostra	W _{tas}	5 140,8 g
Tara+Agregado	W _{taa}	5 027,5 g
Amostra	W _s	1 238,4 g
Agregado	W _a	1 125,1 g
Betume	W _{bss}	113,3 g

Betume	
Método/Valor de calibração	
% betume	9,15%
Baridade betume	
Rel. ponderal filler/betume	



Dia da colheita	19-04-2022
Localização	Km 48+710 LD

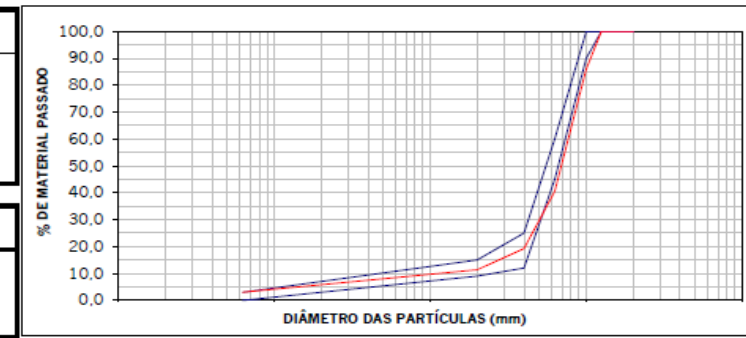
Temperatura	175,0 °C
Hora	12:25

	Peneiros		Material Retido		Mat. Acumulado		Fuso	
	mm	Peso (g)	Perc. (%)	Passado (%)	Retido (%)	Limite inferior	Limite superior	
	20	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	
	14	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	
Provetes (Compactador de impacto com pedestral de madeira)	12,5	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	
Nº pancadas	10	284	14,0	86,0	14,0	90,0	100,0	
Temperatura compactação	6,3	919	45,5	40,5	59,5	45,0	60,0	
	4	429	21,2	19,3	80,7	12,0	25,0	
	2	161	7,9	11,3	88,7	9,0	15,0	
Baridade máxima teórica (Procedimento A - Volumétrico)	0,063	168	8,3	3,0	97,0	0,0	3,0	
	< 0,063	61,4	3,0	0,0	100,0			
Total		2021,6	100,0	0,0	100,0			

Nº prov.	h média h (mm)	ρ_w (Kg/m³)	Peso (g)			Baridade ρ_{bssd} (Kg/m³)	Caract. Volumétricas			Estabilidade (S)		Deform. F (mm)	Deform. F _t (mm)	Quociente Marshall (kN/mm)
			no ar (m ₁)	na água (m ₂)	sup. seca (m ₃)		V _m (%)	VMA (%)	VFB (%)	Medida (N)	Corrig. (kN)			
1														
2														
3														
4														
Procedimento	B	Temp.			Médias									

Pesos (g)		
Tara	W _t	3 405,7 g
Tara+Amostra	W _{tas}	5 631,9 g
Tara+Agregado	W _{taa}	5 427,3 g
Amostra	W _s	2 226,2 g
Agregado	W _a	2 021,6 g
Betume	W _{bss}	204,6 g

Betume	
Método/Valor de calibração	
% betume	9,19%
Baridade betume	
Rel. ponderal filler/betume	



Amostra N.º2, método mufla, amostra ensaiada nas instalações da JP em Almada.

[Handwritten signature]



7. CONTROLO DE QUALIDADE OBTIDO DURANTE A EMPREITADA, SMA 10S RAR 40%

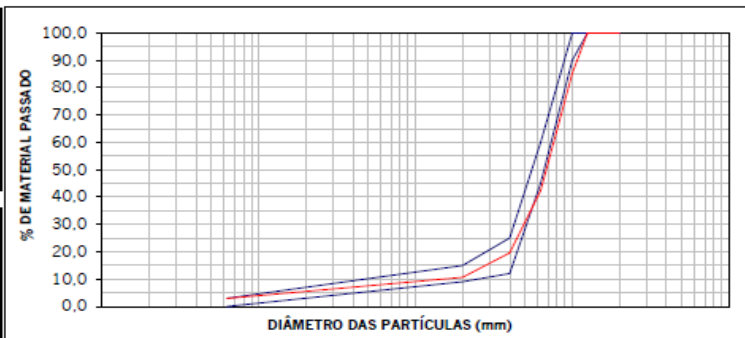
Dia da colheita	19-04-2022	Temperatura	180,0 °C
Localização	Km 49+320 LD	Hora	15:00

	Peneiros		Material Retido		Mat. Acumulado		Fuso	
	mm	Peso (g)	Perc. (%)	Passado (%)	Retido (%)	Limite inferior	Limite superior	
	20	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	
	14	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	
Provetes (Compactador de impacto com pedral de madeira)	12,5	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	
	10	174	14,7	85,3	14,7	90,0	100,0	
Nº pancadas	75	6,3	505	42,9	42,4	57,6	45,0	60,0
Temperatura compactação	170 °C	4	268	22,8	19,6	80,4	12,0	25,0
		2	105	8,9	10,7	89,3	9,0	15,0
Baridade máxima teórica (Procedimento A - Volumétrico)	0,063	91	7,8	2,9	97,1	0,0	3,0	
	< 0,063	34,4	2,9	0,0	100,0			
2386	Total	1177,4	100,0	0,0	100,0			

Nº prov.	h média (mm)	ρ_w (Kg/m³)	Peso (g)			Baridade ρ_{teor} (Kg/m³)	Caract. Volumétricas			Estabilidade (S)		Deform. F (mm)	Deform. F _t (mm)	Quociente Marshall (kN/mm)
			no ar (m ₁)	na água (m ₂)	sup. seca (m ₃)		V _m (%)	VMA (%)	VFB (%)	Medida (N)	Corrig. (kN)			
1	66	997,1	1142,8	649,9	1145,5	2299	3,7	23,9	84,7	9,063	2,7			3,4
2	66	997,1	1146,6	652,0	1150,6	2293	3,9	24,1	83,7	8,706	2,6			3,4
3	67	997,1	1143,7	649,9	1147,5	2292	4,0	24,1	83,6	8,572	3,1			2,8
4	66	997,1	1138,6	647,3	1141,3	2298	3,7	23,9	84,5	8,968	2,7			3,3
Procedimento	B	Temp.	25,0 °C	Médias	2296	3,8	24,0	84,1		8,827	2,8			3,2

Pesos (g)		
Tara	W _t	3 902,5 g
Tara+Amostra	W _{t+s}	5 195,8 g
Tara+Agregado	W _{t+a}	5 079,9 g
Amostra	W _s	1 293,3 g
Agregado	W _a	1 177,4 g
Betume	W _{loss}	115,9 g

Betume	
Método/Valor de calibração	
% betume	8,96%
Baridade betume	
Rel. ponderal filler/betume	



Dia da colheita	19-04-2022	Temperatura	180,0 °C
Localização	Km 49+320 LD	Hora	15:00

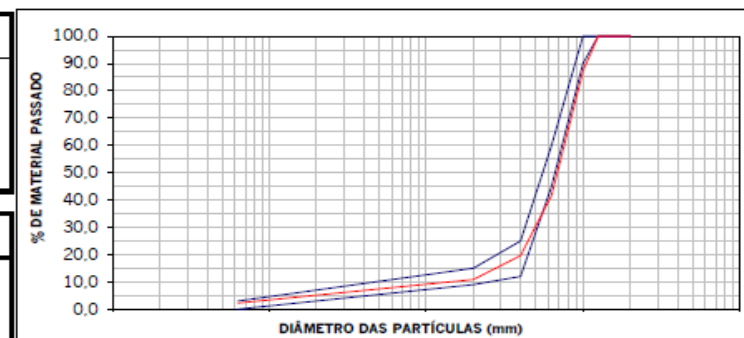
	Peneiros		Material Retido		Mat. Acumulado		Fuso	
	mm	Peso (g)	Perc. (%)	Passado (%)	Retido (%)	Limite inferior	Limite superior	
	20	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	
	14	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	
Provetes (Compactador de impacto com pedral de madeira)	12,5	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	
	10	156	12,7	87,3	12,7	90,0	100,0	
Nº pancadas		6,3	560	45,5	41,7	58,3	45,0	60,0
Temperatura compactação		4	272	22,1	19,6	80,4	12,0	25,0
		2	109	8,8	10,8	89,2	9,0	15,0
Baridade máxima teórica (Procedimento A - Volumétrico)	0,063	105	8,6	2,3	97,7	0,0	3,0	
	< 0,063	27,8	2,3	0,0	100,0			
	Total	1230,5	100,0	0,0	100,0			

Amostra gêmea N.º 3, método centrífuga, amostra ensaiada em conjunto nas instalações da JP em Almada.

Nº prov.	h média (mm)	ρ_w (Kg/m³)	Peso (g)			Baridade ρ_{teor} (Kg/m³)	Caract. Volumétricas			Estabilidade (S)		Deform. F (mm)	Deform. F _t (mm)	Quociente Marshall (kN/mm)
			no ar (m ₁)	na água (m ₂)	sup. seca (m ₃)		V _m (%)	VMA (%)	VFB (%)	Medida (N)	Corrig. (kN)			
1														
2														
3														
4														
Procedimento	B	Temp.			Médias									

Pesos (g)		
Tara	W _t	2 606,8 g
Tara+Amostra	W _{t+s}	3 933,7 g
Tara+Agregado	W _{t+a}	3 837,3 g
Amostra	W _s	1 326,9 g
Agregado	W _a	1 230,5 g
Betume	W _{loss}	96,4 g

Betume	
Método/Valor de calibração	
% betume	7,27%



MISTURA BETUMINOSA, SMA 10S RAR 40%

7. CONTROLO DE QUALIDADE OBTIDO DURANTE A EMPREITADA, SMA 10S RAR 40%

CAROTES

EN 12697-6 Procedimento B - SSD (Saturated Surface Dry)

CAROTE Nº	1	2	3	4	5	6							
KM	48+115	48+800	49+350	49+400	48+700	48+080							
FAIXA / LADO	Dir	Dir	Dir	Esq	Esq	Esq							
DISTÂNCIA AO EIXO (m)	2,80	1,75	0,75	2,65	1,80	0,70							
CONDIÇÕES DA REGA	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa							
CAMADA	Surf	Surf	Surf	Surf	Surf	Surf							
ESPESSURA PROJETO (cm)	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5							
ESPESSURA OBTIDA (cm)	3,4	3,1	4,1	3,3	3,7	4,5							
PESO NO AR (g)	572,5	471,3	693,6	555,8	622,2	849,4							
PESO NA AGUA (g)	321,2	264,8	391,2	312,4	349,8	478,1							
PESO SUP. SECA (g)	573,5	473,2	694,3	557,0	624,9	851,7							
VOLUME (m ³)	252,3	208,4	303,1	244,6	275,1	373,6							
BARIDADE DOS CAROTES (Kg/m ³)	2262	2255	2281	2265	2255	2267							
BARIDADE MÁXIMA TEÓRICA (Kg/m ³)	2386	2386	2386	2376	2376	2376							
POROSIDADE (%)	5,2	5,5	4,4	4,7	5,1	4,6							

Temperatura da água de ensaio: 26 °C

	MÉDIA
BARIDADE (Kg/m ³)	2264
POROSIDADE (%)	4,9
ESPESSURA (cm)	3,7
POROSIDADE (%) C.E.	3-6
POROSIDADE INDIVIDUAL (%) C.E.	≤ 7

Sensibilidade à Água

Código do ensaio: **ITSR**

Norma: **EN 12697-12, 23**

DATA DA COLHEITA	20-04-2022
LOCALIZAÇÃO	Central/Km: 49+290 Lado: Esquerdo

Provetes (Compactador de impacto com pedestral de madeira)	
Nº pancadas	75
Temperatura compactação	170

A seco a (20 ± 5) °C

% Betume	Nº Provette	Diâmetro médio D (mm)	Altura média inicial h (mm)	Altura média final h (mm)	Baridade ρ_{basid} (Kg/m ³)	P (kN)	ITS _d (kPa)	Deformação (mm)	Tensão (mm)	Tipo de Fissura / Obs. Agregado
9,32%	1	101,0	65,0	65,0	2288	9,2	0,039			
	2	101,0	65,0	65,0	2308	9,1	0,038			
	3	101,0	65,0	65,0	2297	9,0	0,038			
Valores médios:					2298		0,038			

Imersão em água a (60 ± 1) °C / 24 h

% Betume	Nº Provette	Diâmetro médio D (mm)	Altura média inicial h (mm)	Altura média final h (mm)	Baridade ρ_{basid} (Kg/m ³)	P (kN)	ITS _d (kPa)	Deformação (mm)	Tensão (mm)	Tipo de Fissura / Obs. Agregado
9,32%	5	101,0	65,0	65,0	2286	8,6	0,036			
	6	101,0	65,0	65,0	2301	8,7	0,036			
	7	101,0	65,0	65,0	2300	8,8	0,037			
Valores médios:					2295		0,036			

Resistência à Tracção
Indirecta

96%



8. CARACTERIZAÇÃO FINAL DO PAVIMENTO, SMA 10S RAR 40%

RESISTÊNCIA À DERRAPAGEM e MANCHA DE AREIA

Código do ensaio: **M.Areia / EPBrit**

Norma: **EN 13036-1 / EN 13036-4**

PÊNDULO BRITÂNICO - RESISTÊNCIA À DERRAPAGEM -												MANCHA DE AREIA - DETERMINAÇÃO DA RUGOSIDADE -								
Ensaio N°	Localização		Dista. Traço Guia m	Temperatura		Leitura dos Ensaiois				Média PTV	Correcção Tempera. Pavimento °C	Valor Corrigido PTV	Dista. Traço Eixo m	Diâmetro do Círculo dos Ensaiois				Média mm	Altura de Areia MTD mm	Altura de Areia Média MTD mm
	Km	Via		Ar °C	Pavimento °C	PTV								mm						
1	48+115	Direita	0,85	28	25	70	70	70	70	70	1,2	71	2,65	180	175	175	175	176	1,02	1,05
													2,00	170	170	175	170	171	1,08	
2	48+800	Direita	0,85	31	34	68	68	68	68	68	2,4	70	2,66	170	165	160	165	165	1,16	1,12
													1,97	170	175	170	170	171	1,08	
3	49+350	Direita	0,85	32	34	65	65	65	65	65	2,4	67	2,65	175	175	175	170	174	1,05	1,07
													1,96	170	170	170	170	170	1,10	
4	49+400	Esquerda	0,85	36	38	63	63	63	63	63	2,8	66	2,68	170	170	170	170	170	1,10	1,10
													2,01	165	170	170	175	170	1,10	
5	48+700	Esquerda	0,85	32	30	63	63	63	63	63	2,0	65	2,66	175	175	170	175	174	1,05	1,09
													1,97	170	165	170	165	168	1,13	
6	48+080	Esquerda	0,85	31	29	65	65	65	65	65	1,9	67	2,65	170	175	170	175	173	1,07	1,08
													1,99	170	170	170	170	170	1,10	
Valor PTV Média da Camada												Valor MTD Média da Camada						1,09		
Exigências das Cláusulas Técnicas da IP												Exigências das Cláusulas Técnicas da IP						≥ 1,0		

8. CARACTERIZAÇÃO FINAL DO PAVIMENTO, SMA 10S RAR 40%

RESISTENCIA A DERRAPAGEM e MANCHA DE AREIA

Código do ensaio: **M.Areia / EPBrit**

Norma: **EN 13036-1 / EN 13036-4**

PÊNDULO BRITÂNICO - RESISTÊNCIA À DERRAPAGEM -												MANCHA DE AREIA - DETERMINAÇÃO DA RUGOSIDADE -								
Ensaio N°	Localização		Dista. Traço Guia m	Temperatura		Leitura dos Ensaio				Média PTV	Correcção Tempera. Pavimento °C	Valor Corrigido PTV	Dista. Traço Eixo m	Diâmetro do Círculo dos Ensaio				Média mm	Altura de Areia MTD mm	Altura de Areia Média MTD mm
	Km	Via		Ar °C	Pavimento °C	PTV								mm						
1	49+700	Direita	0,85	37	42	63	63	63	63	63	3,2	66	2,69	165	165	170	165	166	1,15	1,18
													2,05	160	160	165	160	161	1,22	
2	50+700	Direita	0,85	36	40	65	65	65	65	65	3,0	68	2,68	160	165	165	160	163	1,20	1,18
													2,00	165	165	165	165	165	1,16	
3	51+800	Direita	0,85	37	40	63	63	63	63	63	3,0	66	2,65	165	160	165	160	163	1,20	1,20
													1,95	160	165	165	160	163	1,20	
4	52+500	Esquerda	0,85	39	41	65	65	65	65	65	3,1	68	2,70	155	155	160	150	155	1,32	1,30
													1,98	160	155	160	155	158	1,28	
5	51+200	Esquerda	0,85	37	42	65	65	65	65	65	3,2	68	2,65	155	155	155	155	155	1,32	1,30
													1,95	160	155	160	155	158	1,28	
6	50+150	Esquerda	0,85	31	30	60	60	60	60	60	2,0	62	2,67	170	165	165	160	165	1,16	1,17
													1,96	165	165	160	165	164	1,18	
Valor PTV Média da Camada												Valor MTD Média da Camada						1,23		
Exigência - Caderno de Encargos Tipo da IP												Exigência - Caderno de Encargos Tipo da IP						≥ 1,0		



Rodovia e Ferrovia.
Juntos encurtamos distâncias.
Viva a mobilidade.

helder.lourenco@infraestruturasdeportugal.pt

carlos.sousa@infraestruturasdeportugal.pt

paulo.Valentim@infraestruturasdeportugal.pt

www.infraestruturasdeportugal.pt

