

**Projeto de Dosagem do Traço de Concreto Asfáltico Usinado a Quente**

**Faixa "C" DER/PR -ES-P 21/05**

**Projeto de Dosagem do Traço de Concreto Asfáltico Usinado a Quente**

**Cap 50/70**

**Densidade Método Rice (ASHTO T 209-99)**

## **SM RESENDE CONSTRUÇÕES E INCORPORAÇÕES**

### Índice

Item	Página
Capa	1
Índice	2
Apresentação	3
Ensaio de Materiais Pétreos	4
Granulometria do Silo Frio brita 3/4"	5
Granulometria do Silo Frio brita 3/8"	6
Granulometria do Silo Frio 3/8 ao fundo	7
Composição da Mistura Granulométrica dos Silos Frios	8
Distribuição Granulométrica Individual dos Agregados	9
Ficha granulométrica especificada	10
Distribuição Granulométrica - Pré-dosagem	11
Densidade aparente dos CP's Marshall	12
Densidade Real do Agregado Graúdo	13
Densidade Real do Agregado Médio	14
Densidade Real do Material Finamente Pulverizado	15
Frações Granulométricas da Mistura	16
Cálculo da Densidade Teórica	17
Equivalente de Areia da Mistura	18
Lamelaridade	19
Estabilidade e Fluência	20
Gráfico Rice	21
Características Marshall	22
Resultado dos Ensaios	23
Resistência à tração por compressão diametral	24
Gráficos	25
Cálculo do Teor ótimo	26
Viscosidade Saybolt Furol	27
Gráfico Umidade induzida	28
Determinação do dano por umidade induzida	29
Resumo Final	30

## **SM RESENDE CONSTRUÇÕES E INCORPORAÇÕES**

### **Projeto de Mistura Betuminosa**

#### **1. Generalidades**

Empresa: 0  
Objetivo: C.A.U.Q.. Faixa "C" DER-PR  
Ligante: Asfalto CAP 50/70  
Finalidade: Camada de Rolamento

#### **2. Materiais**

##### **2.1 Agregado**

###### **2.1.1 Britas**

Origem: PEDREIRA CONCREVALLE  
Localização: DOIS VIZINHOS - PR  
Tipo: Basalto

##### **2.2 Ligante Asfáltico**

Origem: Petrobras  
Localização: Araucária  
Tipo: Cap. 50/70

**SM RESENDE CONSTRUÇÕES E INCORPORAÇÕES**

**ENSAIOS DO MATERIAL PÉTREO**

NOME DO ENSAIO	MÉTODO	OBTIDO	ESPECIFICADO
Abrasão Los Angeles	DNER-ME-035/98	22,2	$\leq 50\%$
Durabilidade com Sulfato de Sódio Agregados Graúdos	DNER-ME-089/94	0,80	$\leq 12\%$
Durabilidade com Sulfato de Sódio Agregados Miúdos	DNER-ME-089/94	0,8	$\leq 15\%$
Lamelaridade Mistura		14,91	$\leq 25\%$
Equivalente de Areia da Mistura	DNER-ME-54/97	57,0	$\geq 55\%$
Adesividade	DNER-ME 78/94	Satisfatório sem DOP	Sem descolamento

# SM RESENDE CONSTRUÇÕES E INCORPORAÇÕES

## Granulometrias dos Silos Frios

Silo Frio

DNER-ME 083/98

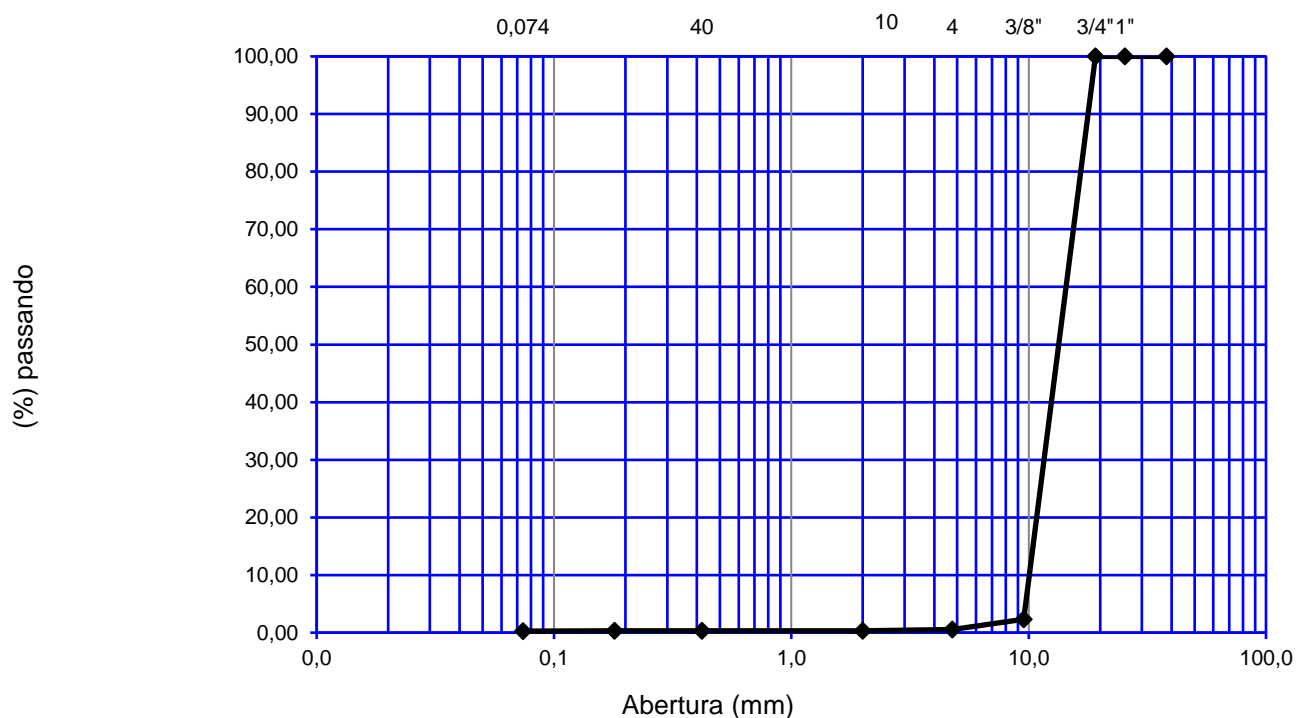
Brita 3/4"

### Distribuição Granulométrica

		Amostra 01			Amostra 02			Amostra 03			
Peso da amostra:			6.616,0			5.910,2			8.420,8		Média
Peneiras		Análise Granulométrica			Análise Granulométrica			Análise Granulométrica			
ASTM	mm	Retido	Passa	% Passa	Retido	Passa	% Passa	Retido	Passa	% Passa	% Passa
1 1/2"	38,100	0	6.616,0	100,00	0,0	5.910,2	100,00	0,0	8.420,8	100,00	100,00
1"	25,400	0,0	6.616,0	100,00	0,0	5.910,2	100,00	0,0	8.420,8	100,00	100,00
3/4"	19,100	0,0	6.616,0	100,00	0,0	5.910,2	100,00	0,0	8.420,8	100,00	100,00
3/8"	9,520	6430,0	186,0	2,81	5.802,2	108,0	1,83	8.225,2	195,6	2,32	2,32
4	4,760	144,0	42,0	0,63	80,0	28,0	0,47	149,0	46,6	0,55	0,55
10	2,000	10,0	32,0	0,48	10,0	18,0	0,30	25,0	21,6	0,26	0,35
40	0,420	3,4	28,6	0,43	4,0	14,0	0,24	2,4	19,2	0,23	0,30
80	0,180	0,0	28,6	0,43	0,0	14,0	0,24	0,0	19,2	0,23	0,30
200	0,074	1,1	27,5	0,42	3,1	10,9	0,18	1,0	18,2	0,22	0,27

### Curva Granulométrica

Distribuição granulométrica



# SM RESENDE CONSTRUÇÕES E INCORPORAÇÕES

## Granulometrias dos Silos Frios

Silo Frio

DNER-ME 083/98

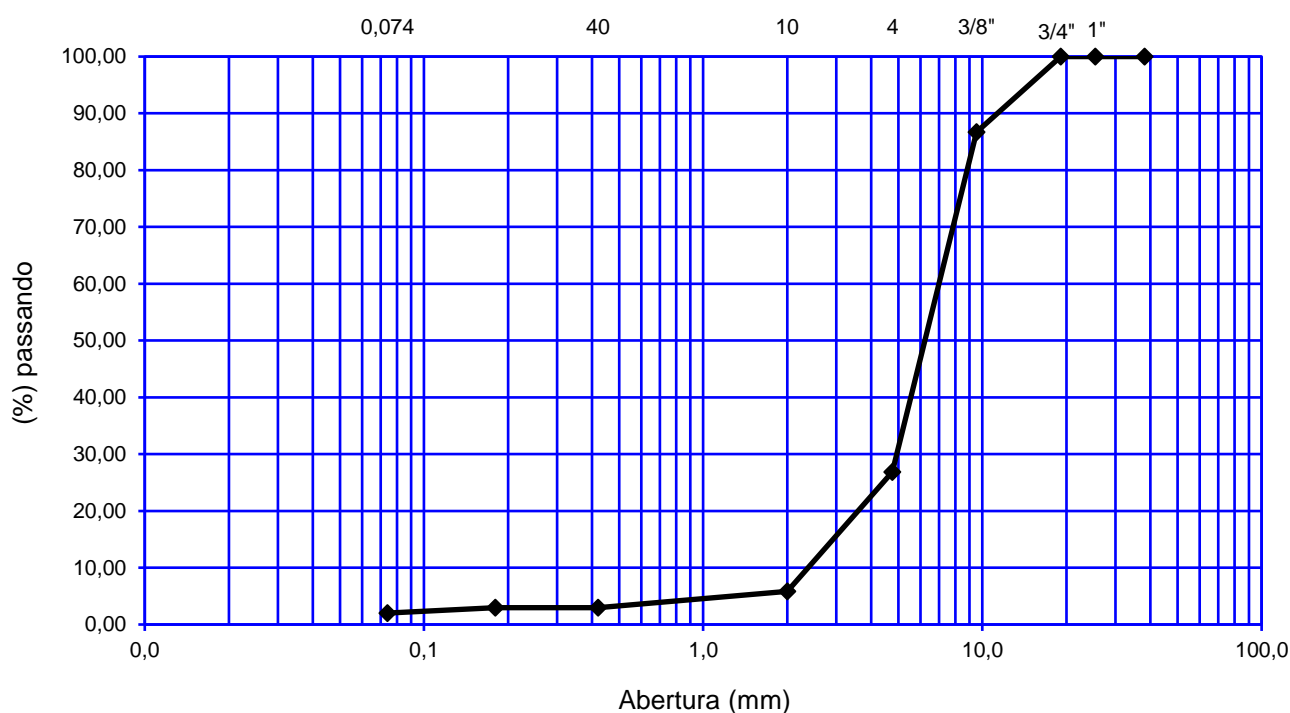
Brita 3/8" Pedrisco

### Distribuição Granulométrica

		Amostra 01			Amostra 02			Amostra 03			
Peso da amostra:			2.322,0			2.523,0			2.834,0		Média
Peneiras		Análise Granulométrica			Análise Granulométrica			Análise Granulométrica			
ASTM	mm	Retido	Passa	% Passa	Retido	Passa	% Passa	Retido	Passa	% Passa	% Passa
1 1/2"	38,100	0,0	2.322,0	100,00	0,0	2.523,0	100,00	0,0	2.834,0	100,00	100,00
1"	25,400	0,0	2.322,0	100,00	0,0	2.523,0	100,00	0,0	2.834,0	100,00	100,00
3/4"	19,100	0,0	2.322,0	100,00	0,0	2.523,0	100,00	0,0	2.834,0	100,00	100,00
3/8"	9,520	270,0	2.052,0	88,37	412,0	2.111,0	83,67	340,0	2.494,0	88,00	86,68
4	4,760	1.400,0	652,0	28,08	1.460,0	651,0	25,80	1.740,0	754,0	26,61	26,83
10	2,000	515,0	137,0	5,90	504,0	147,0	5,83	589,0	165,0	5,82	5,85
40	0,420	60,0	77,0	3,32	59,0	88,0	3,49	105,0	60,0	2,12	2,97
80	0,180	0,0	77,0	3,32	0,0	88,0	3,49	0,0	60,0	2,12	2,97
200	0,074	31,0	46,0	1,98	31,0	57,0	2,26	9,0	51,0	1,80	2,01

### Curva Granulométrica

Distribuição granulométrica



# SM RESENDE CONSTRUÇÕES E INCORPORAÇÕES

## Granulometrias dos Silos Frios

DNER-ME 083/98

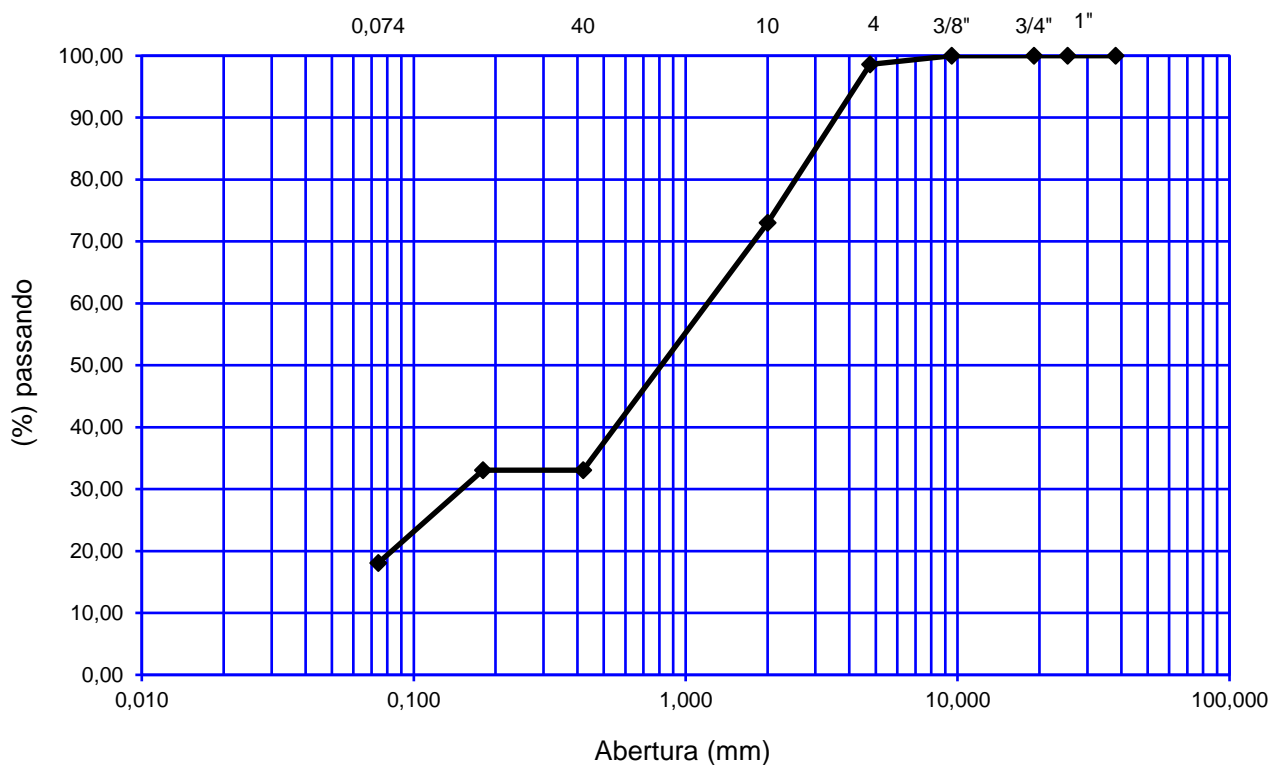
3/16" ao Fundo

## Distribuição Granulométrica

		Amostra 01			Amostra 02			Amostra 03			
Peso da amostra:			1.052,0			1.011,0			1.098,0		Média
Peneiras		Análise Granulométrica			Análise Granulométrica			Análise Granulométrica			
ASTM	mm	Retido	Passa	% Passa	Retido	Passa	% Passa	Retido	Passa	% Passa	% Passa
1 1/2"	38,100	0,0	1.052,0	100,00	0,0	1.011,0	100,00	0,0	1.098,0	100,00	100,00
1"	25,400	0,0	1.052,0	100,00	0,0	1.011,0	100,00	0,0	1.098,0	100,00	100,00
3/4"	19,100	0,0	1.052,0	100,00	0,0	1.011,0	100,00	0,0	1.098,0	100,00	100,00
3/8"	9,520	0,0	1.052,0	100,00	0,0	1.011,0	100,00	0,0	1.098,0	100,00	100,00
4	4,760	12,0	1.040,0	98,86	12,0	999,0	98,81	21,1	1.076,9	98,08	98,58
10	2,000	268,0	772,0	73,38	264,0	735,0	72,70	276,0	800,9	72,94	73,01
40	0,420	420,0	352,0	33,46	402,0	333,0	32,94	441,0	359,9	32,78	33,06
80	0,180	0,0	352,0	33,46	0,0	333,0	32,94	0,0	359,9	32,78	33,06
200	0,074	170,0	182,0	17,30	135,0	198,0	19,58	170,0	189,9	17,30	18,06

## Curva Granulométrica

Distribuição granulométrica



## SM RESENDE CONSTRUÇÕES E INCORPORAÇÕES

Composição da mistura granulométrica dos silos frios DNER-ME 083/98

Peneiras		Porcentagem passando nas peneiras					
(pol)	(mm)	1"-1/2"	3/4"	3/8"	3/16" ao fundo	Areia Média	Filler
1"-1/2"	38,100	0,0	100,0	100,0	100,0	0,0	0,0
1"	25,400	0,0	100,0	100,0	100,0	0,0	0,0
3/4"	19,100	0,0	100,00	100,0	100,0	0,0	0,0
3/8"	9,520	0,0	2,3	86,7	100,0	0,0	0,0
nº 4	4,760	0,0	0,6	26,8	98,6	0,0	0,0
nº 10	2,000	0,0	0,3	5,8	73,0	0,0	0,0
nº 40	0,420	0,0	0,3	3,0	33,1	0,0	0,0
nº 80	0,180	0,0	0,3	3,0	33,1	0,0	0,0
nº 200	0,074	0,0	0,3	2,0	18,1	0,0	0,0

### Dosagem

Silo	%
1"-1/2"	
3/4"	20%
3/8"	45%
3/16" ao fundo	35%
Areia Média	
Filler	
Total	

### Densidades das frações da mistura

Fração passando 3/4" retido nº 4"	$D_r ==>$	3.014
Densidade do agregado seco	$D_a ==>$	2.871
Fração passando nº 4" retida nº 200	$D_t ==>$	2.908
Densidade real media passa nº 200	$\mu ==>$	2.855

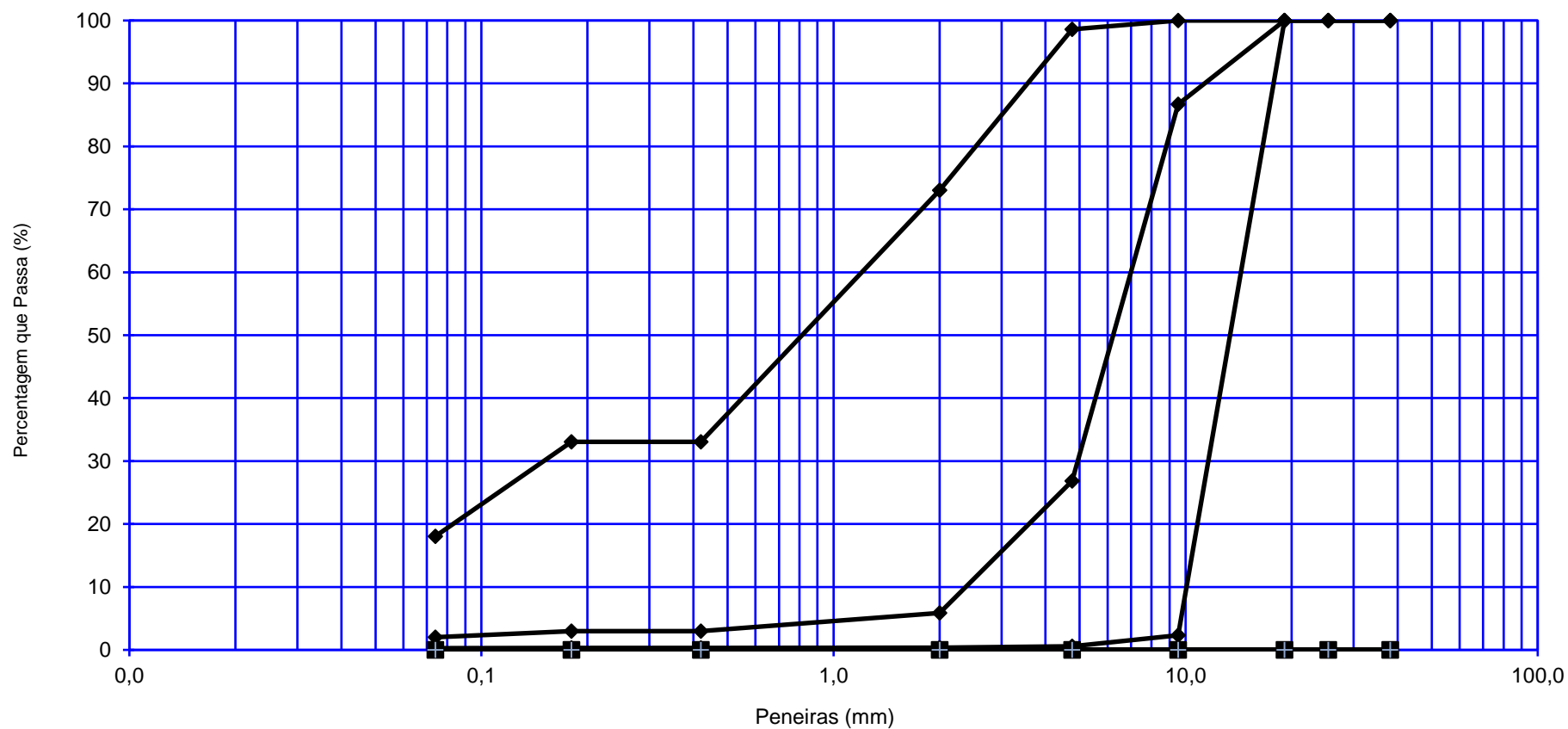
### Densidade do betume

Densidade do betume	$D_b ==>$	1.010
---------------------	-----------	-------



## SM RESENDE CONSTRUÇÕES E INCORPORAÇÕES

Curva Granulometrica individual dos Agregados componentes DNER-ME 083/98



## **SM RESENDE CONSTRUÇÕES E INCORPORAÇÕES**

DNER-ME 083/98

Tabela 2 - Faixa granulométrica especificada

Peneiras						
(pol)	(mm)	Média	Limites			
1"1/2"	38,100	100,0	100,0		100,0	
1"	25,400	100,0	100,0		100,0	
3/4"	19,100	95,0	90,0		100,0	
3/8"	9,520	68,0	56,0		80,0	
nº 4	4,760	50,0	35,0		65,0	
nº 10	2,000	34,0	22,0		46,0	
nº 40	0,420	16,0	8,0		24,0	
nº 200	0,074	5,0	2,0		8,0	

Tabela 3 - Proporção inicial dos agregados

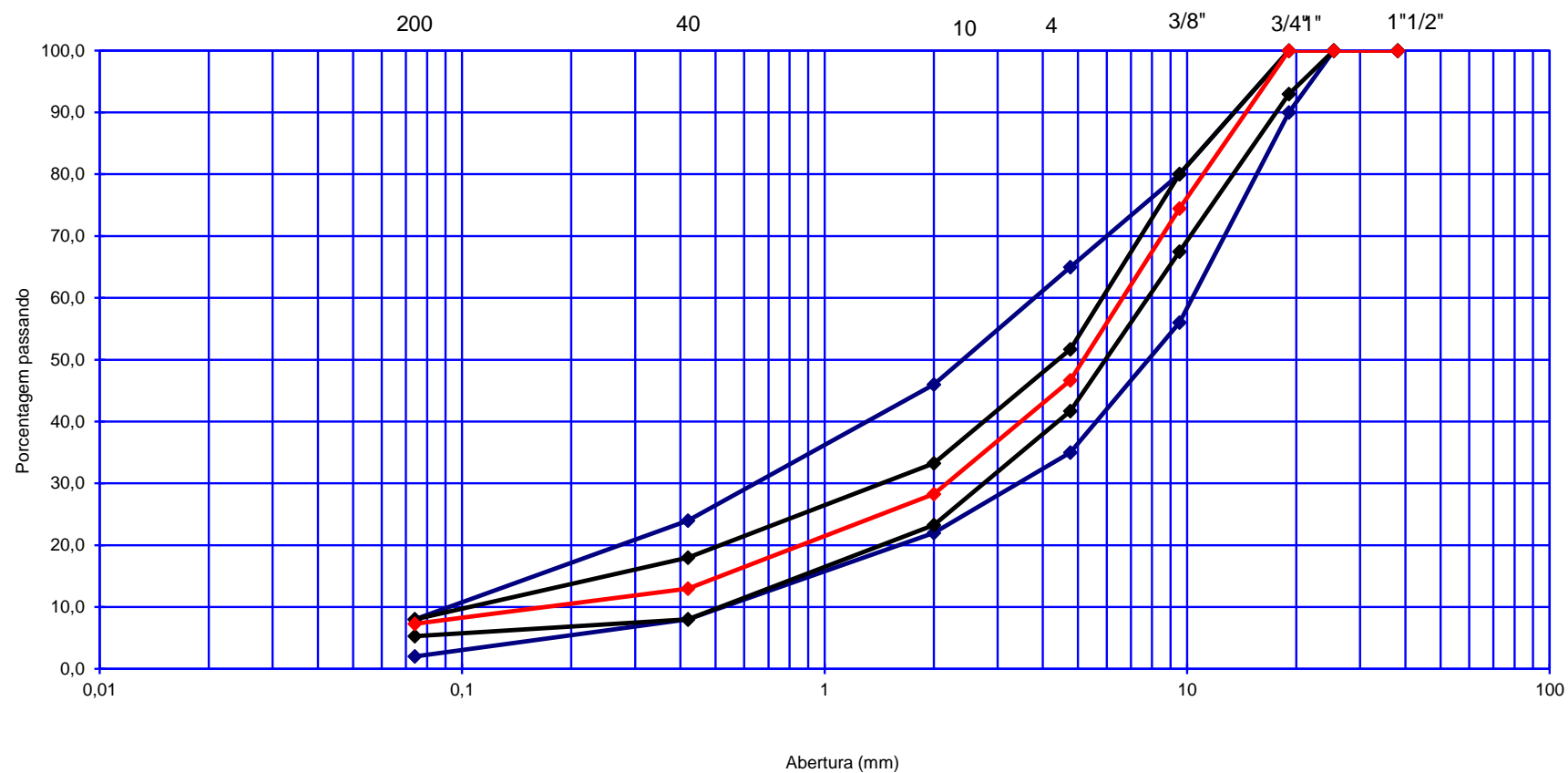
Material	Porcentagem
3/4"	20,00%
3/8"	45,00%
3/16" ao fundo	35,00%
Areia Média	0,00%
Filler	0,00%
Total	100%

Tabela 4 - Granulometria inicial dos agregados

Peneiras						
(pol)	(mm)	Projeto	Faixa de trabalho			Tol.
1"1/2"	38,100	100,00	100,00	-	100,00	± 7
1"	25,400	100,00	100,00	-	100,00	± 7
3/4"	19,100	100,00	93,00	-	100,00	± 7
3/8"	9,520	74,47	67,47	-	80,00	± 7
nº 4	4,760	46,69	41,69	-	51,69	± 5
nº 10	2,000	28,25	23,25	-	33,25	± 5
nº 40	0,420	12,97	8,00	-	17,97	± 5
nº 200	0,074	7,28	5,28	-	8,00	± 2

## SM RESENDE CONSTRUÇÕES E INCORPORAÇÕES

Distribuição Granulométrica - Pré-dosagem- Faixa "C" DER-PR



**SM RESENDE CONSTRUÇÕES E INCORPORAÇÕES**

DNER-ME 117/94

Teor %	Peso do Corpo de Prova		Densidade		
	Peso ar	P.lmer	Vol CP	Laboratório	Média
4,00	1.250,0	748,0	502,0	2.490	2.488
	1.247,0	746,0	501,0	2.489	
	1.243,0	743,0	500,0	2.486	
4,50	1.253,0	755,0	498,0	2.516	2.521
	1.255,0	757,0	498,0	2.520	
	1.251,0	756,0	495,0	2.527	
5,00	1.263,0	767,0	496,0	2.546	2.547
	1.256,0	763,0	493,0	2.548	
	1.261,0	766,0	495,0	2.547	
5,50	1.267,0	770,0	497,0	2.549	2.546
	1.265,0	768,0	497,0	2.545	
	1.267,0	769,0	498,0	2.544	

## SM RESENDE CONSTRUÇÕES E INCORPORAÇÕES

DNER-ME 084/95

Material Retido # 4"

Densidade Real do Agregado Graúdo

NOTAÇÃO	AMOSTRA	1	2	3
	KM/ESTACA/FUNDO			
	DETERMINAÇÃO RELATIVA AOS REGISTROS			
Ph	MASSA AO AR AGREGADO SAT. SUP. SECO	1.330,6	1.292,3	1.268,3
Pi	MASSA AO AR AGREGADO IMERSO	874,5	849,5	833,9
Ps	PESO DA AMOSTRA SECA	1.308,7	1.271,6	1.247,5
Dss= $\frac{Ph}{Ps}$	DENSIDADE DO AGREGADO SATURADO	2.917	2.918	2.920
Ph-Pi	SUPERFICIALMENTE SECO	2.918		
Da= $\frac{Ps}{Ph-Pi}$	DENSIDADE APARENTE	2.869	2.872	2.872
Ph-Pi	DENSIDADE AGREGADO SECO	2.871		
Dr= $\frac{Ps}{Ph-Pi}$	DENSIDADE REAL	3.014	3.013	3.016
Ps-Pi	DENS. PARCELA IMPERMEÁVEL AGREGADO	3.014		
Dr= $\frac{(Ph-Ps)*100}{Ps-Pi}$	ABSORÇÃO	1,7	1,6	1,7
Ps		1,7		

## **SM RESENDE CONSTRUÇÕES E INCORPORAÇÕES**

Densidade Real do Agregado Médio

DNER-ME 084/95

Material Passando na # 4 ret 200

Notação	Amostra			
	Picnômetro n°	1	2	3
P 2	Peso do picnômetro + amostra seca (g)	342,00	314,00	327,00
P 1	Peso do picnômetro	169,20	139,80	142,90
Ps = P2 - P1	Peso da amostra seca (g)	172,80	174,20	184,10
P 4	Peso do picnômetro + água (g)	655,00	617,60	632,40
P 3	Peso do picnômetro + água + amostra (g)	768,40	731,70	753,40
$D_t = P_s / (P_4 - P_1) - (P_3 - P_2)$	Densidade real do agregado miúdo (t+20°C)	<b>2.909</b>	<b>2.899</b>	<b>2.918</b>
Dt	Densidade real média	<b>2.908</b>		

## SM RESENDE CONSTRUÇÕES E INCORPORAÇÕES

Densidade Real do Agregado Miúdo

DNER-ME 084/95

Material Passando na # 200

Notação	Amostra			
	Picnômetro n°	1	2	3
P 2	Peso do picnômetro + amostra seca (g)	297,00	307,00	305,00
P 1	Peso do picnômetro	169,20	139,80	142,90
Ps = P2 - P1	Peso da amostra seca (g)	127,80	167,20	162,10
P 4	Peso do picnômetro + água (g)	655,00	617,60	632,40
P 3	Peso do picnômetro + água + amostra (g)	738,00	726,50	737,50
$Dt = Ps / (P4 - P1) - (P3 - P2)$	Densidade real do agregado miúdo (t+20°C)	<b>2.853</b>	<b>2.868</b>	<b>2.844</b>
Dt	Densidade real média	<b>2.855</b>		

## **SM RESENDE CONSTRUÇÕES E INCORPORAÇÕES**

### Frações da granulometria da mistura

G - fração passando 1 retido nº 4	53,31
M - fração passando nº 4 retido nº 200	39,41
F - fração passando nº200	7,28
Total	100,0

### Densidades médias da mistura agregados + filler

#### Densidade real da mistura

$$Dr \text{ (mist)} = \frac{100}{\frac{\%G}{Dr} + \frac{\%M}{Dt} + \frac{\%F}{\mu}} = 2.960$$

#### Densidade aparente da mistura

$$Da \text{ (mist)} = \frac{100}{\frac{\%G}{Da} + \frac{\%M}{Dt} + \frac{\%F}{\mu}} = 2.884$$

#### Densidade média da mistura

$$Dm \text{ (mist)} = \frac{Dr(mist) + Da(mist)}{2} = 2.922$$



## SM RESENDE CONSTRUÇÕES E INCORPORAÇÕES

Cálculo da densidade teórica

Fórmula

$$D = \frac{100,0}{\frac{100-\%b}{Dm \text{ (mist)}} + \frac{\%b}{Db}}$$

Para b = **4,00%**

$$\frac{100,0}{\frac{96,0}{2.922} + \frac{4,0}{1.010}} = 2.716$$

Para b = **4,50%**

$$\frac{100,0}{\frac{95,5}{2.922} + \frac{4,5}{1.010}} = 2.693$$

Para b = **5,00%**

$$\frac{100,0}{\frac{95,0}{2.922} + \frac{5,0}{1.010}} = 2.669$$

Para b = **5,50%**

$$\frac{100,0}{\frac{94,5}{2.922} + \frac{5,5}{1.010}} = 2.647$$

## SM RESENDE CONSTRUÇÕES E INCORPORAÇÕES

Determinação do Equivalente de Areia

DNER - ME 54/97

Material Mistura Faixa "C" DER-PR

Material Passando na # 4

Proveta N° :	1	2	3
Leitura no topo da argila :	13,0	13,2	13,1
Leitura no topo da areia :	7,7	7,7	7,0

$$EA. \quad \frac{\text{Leitura no topo da Areia}}{\text{Leitura no topo da Argila}} \times 100$$

$$E.A., \quad \frac{7,7}{13,0} \times 100 = 59,2$$

$$E.A., \quad \frac{7,7}{13,2} \times 100 = 58,3$$

$$E.A., \quad \frac{7,0}{13,1} \times 100 = 53,4$$

**E . A . médio : 57,0**

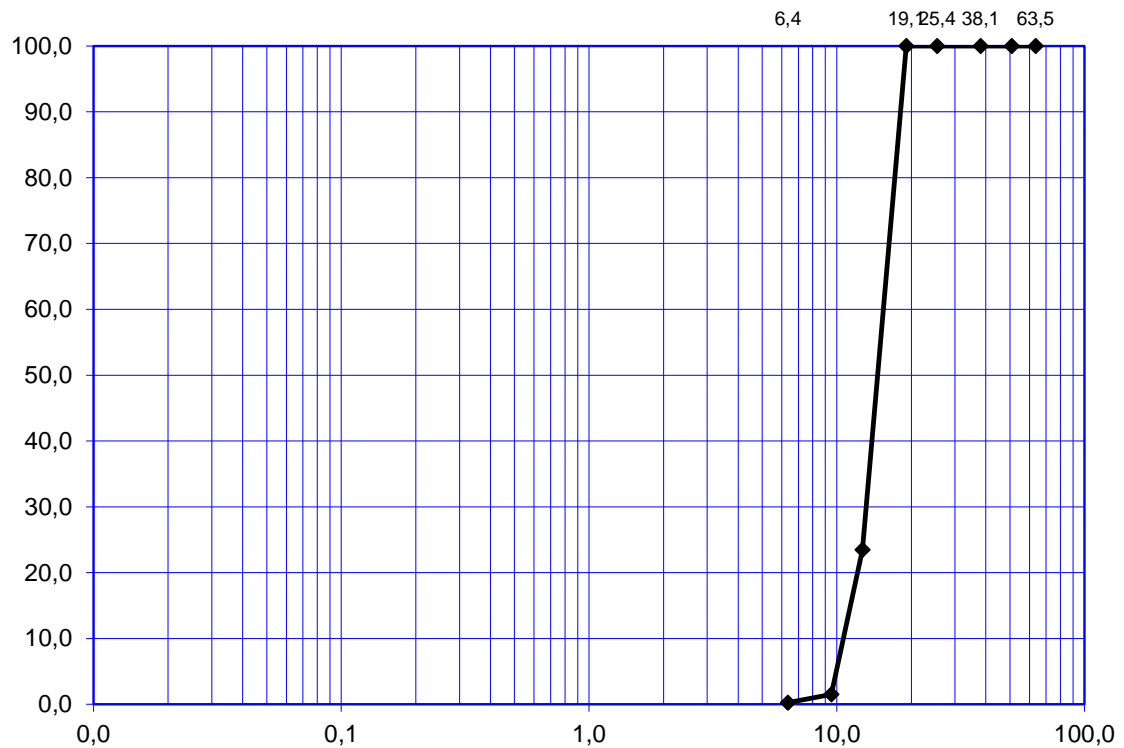
## SM RESENDE CONSTRUÇÕES E INCORPORAÇÕES

Material: Mistura Faixa "C" DER-PR

### Lamellaridade

Peso amostra : 4.050,0

Peneiras		Análise Granulométrica				Tamanho da Fração		A	B	C	D = C/B	E=AxD
								% Fração	Peso	Peso	Índice	Lamela
ASTM	mm	Retido	Passado	% Pas.	Passa	Rete	Retido	Retido	Passando	Lamela	Ponderada	
2 1/2"	63,5		4.050,0	100,0	2 1/2"	2"						
2"	50,8		4.050,0	100,0	2"	1 1/2"						
1 1/2"	38,1		4.050,0	100,0	1 1/2"	1"						
1"	25,4	0,0	4.050,0	100,0	1"	3/4"						
3/4"	19,1	0,0	4.050,0	100,00	3/4"	1/2"	22,1	3.100,0	301,2	9,7	2,1	
1/2"	12,7	3.100,0	950,0	23,46	1/2"	3/8"	15,1	890,0	210,5	23,7	3,6	
3/8"	9,5	890,0	60,0	1,48	3/8"	1/4"	8,4	1.030,0	132,3	12,8	1,1	
1/4"	6,4	50,0	10,0	0,25								
Índice de Lamellaridade				14,9	Soma %	45,60						6,80



**SM RESENDE CONSTRUÇÕES E INCORPORAÇÕES**

## Cálculo de Estabilidade e Fluência

DNER-ME 043/95

## Estabilidade

Teor (%)	CP N°	Leitura	Const. Anel	Encontrada	F.correção	Corrigida	Média
4,0	1	510	1.917	978	1,09	1.066	1044,8
	2	500	1.917	959	1,09	1.045	
	3	490	1.917	939	1,09	1.024	

Teor (%)	CP N°	Leitura	Const. Anel	Encontrada	F.correção	Corrigida	Média
4,5	4	570	1.917	1.093	1,09	1.191	1211,9
	5	590	1.917	1.131	1,09	1.233	
	6	580	1.917	1.112	1,09	1.212	

Teor (%)	CP N°	Leitura	Const. Anel	Encontrada	F.correção	Corrigida	Média
5,0	7	600	1.917	1.150	1,09	1.254	1295,5
	8	650	1.917	1.246	1,09	1.358	
	9	610	1.917	1.169	1,09	1.275	

1,04

Teor (%)	CP N°	Leitura	Const. Anel	Encontrada	F.correção	Corrigida	Média
5,5	10	570	1.917	1.093	1,09	1.191	1128,3
	11	530	1.917	1.016	1,09	1.107	
	12	520	1.917	997	1,09	1.087	

## Fluência

Teor (%)	CP N°	Leit. Inicial	Leit. Final	Diferença	Fluência 1/100	Média
4,0	1	0,0	230,0	230	2,30	2,30
	2	0,0	250,0	250	2,50	
	3	0,0	210,0	210	2,10	

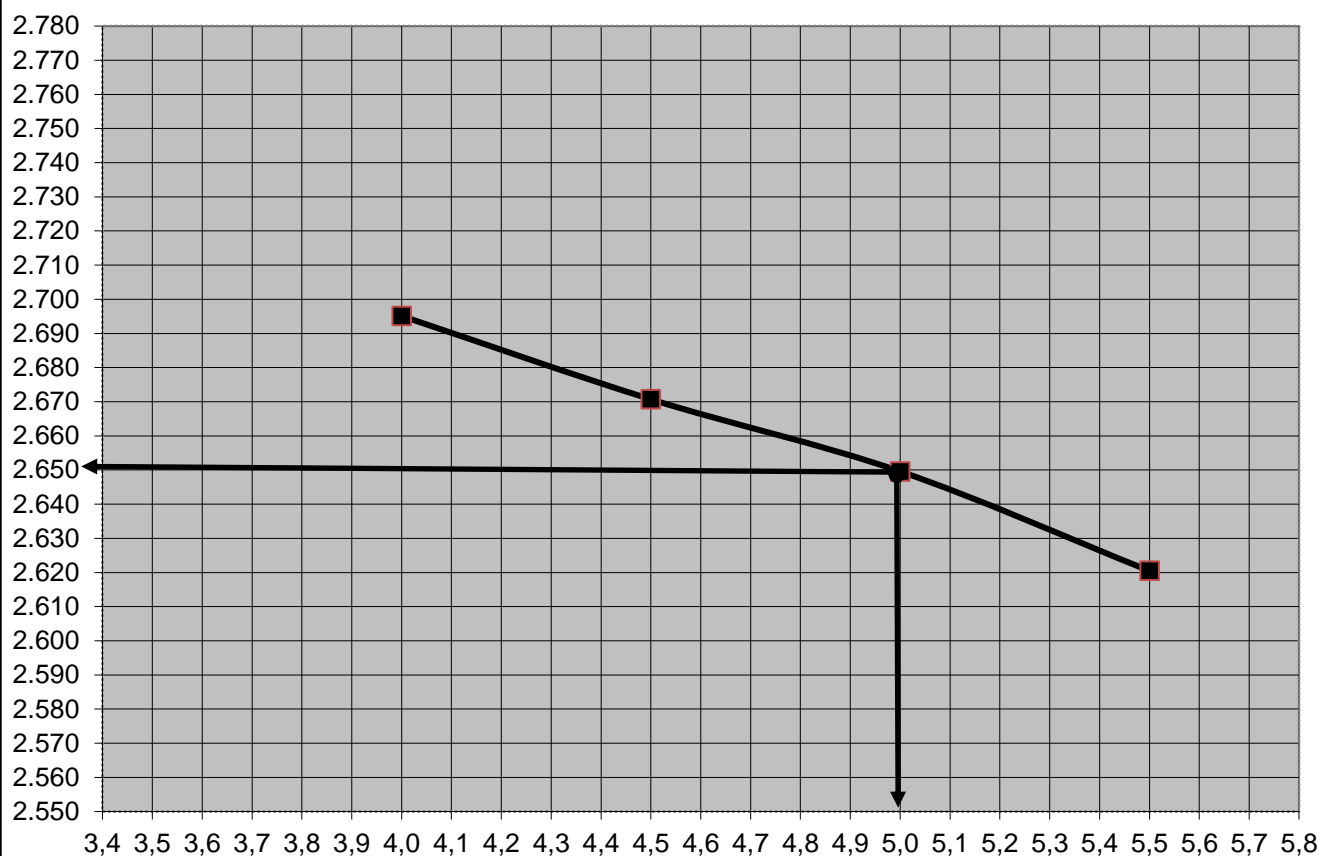
Teor (%)	CP N°	Leit. Inicial	Leit. Final	Diferença	Fluência 1/100	Média
4,5	4	0,0	250,0	250	2,50	2,70
	5	0,0	280,0	280	2,80	
	6	0,0	280,0	280	2,80	

Teor (%)	CP N°	Leit. Inicial	Leit. Final	Diferença	Fluência 1/100	Média
5,0	7	0	290	290	2,90	3,00
	8	0	300	300	3,00	
	9	0	310	310	3,10	

Teor (%)	CP N°	Leit. Inicial	Leit. Final	Diferença	Fluência 1/100	Média
5,5	10	0	360	360	3,60	3,47
	11	0	330	330	3,30	
	12	0	350	350	3,50	

## Densidade Método Rice (ASHTO T 209-99)

			Revisão Faixa "C"			
	Teor de betumeda Mistura		4,0	4,50	5,0	5,5
A	Peso do picnômetro g					
B	Massa da amostra g		1.838,0	1.966,0	1.892,0	1.908,0
C	Massa do picnômetro+Amostra+Água g		9.058,0	9.132,0	9.080,0	9.082,0
D	Massa do picnômetro+Água g		7.900,0	7.900,0	7.900,0	7.900,0
E	Volume da Água deslocada cm <sup>3</sup>	(B+D-C)	680,0	734,0	712,0	726,0
F	Massa Especifica Real, g cm <sup>3</sup>	(B/E)	2.702,9	2.678,5	2.657,3	2.628,1
G	Temperatura da água. °C		25,0	25,0	25,0	25,0
H	Fator de Correção da água	(F*H)	0,9971	0,9971	0,9971	0,9971
I	Massa Especifica Real corrigida, g cm <sup>3</sup>		2.695	2.671	2.650	2.620



## **SM RESENDE CONSTRUÇÕES E INCORPORAÇÕES**

### Características Marshall DNER-ME 043/95

Teor de Asfalto (1) :	4,00%	Resultados Obtidos				dens rice
Característcas Marshall	Especificação DER	CP1	CP2	CP3	Média	
Porcentagem de vazios (%)	3 a 5	7,61	7,65	7,76	7,67	2695
Relação Betume-Vazios(%)	70 a 82	55,6	55,4	55,0	55,4	
Estabilidade (kgf)	850 mínimo	1.066	1.045	1.024	1.045	
Fluência (1/100 ")	2,0 a 4,0	2,3	2,5	2,1	2,3	
Massa espec. aparente (g/cm3)	—	2.490	2.489	2.486	2.488	
Vazios do agregado mineral (%)	15 mínimo	17,13	17,16	17,26	17,18	
Teor de Asfalto (2) :	4,50%	Resultados Obtidos				
Característcas Marshall	Especificação DER	CP4	CP5	CP6	Média	
Porcentagem de vazios (%)	3 a 5	5,79	5,64	5,37	5,60	2671
Relação Betume-Vazios(%)	70 a 82	65,3	65,9	67,1	66,1	
Estabilidade (kgf)	850 mínimo	1.191	1.233	1.212	1.212	
Fluência (1/100 ")	2,0 a 4,0	2,5	2,8	2,8	2,7	
Massa espec. aparente (g/cm3)	—	2.516	2.520	2.527	2.521	
Vazios do agregado mineral (%)	15 mínimo	16,70	16,56	16,32	16,53	
Teor de Asfalto (3) :	5,00%	Resultados Obtidos				
Característcas Marshall	Especificação DER	CP7	CP8	CP9	Média	
Porcentagem de vazios (%)	3 a 5	3,90	3,85	3,85	3,87	2650
Relação Betume-Vazios(%)	70 a 82	75,9	76,1	76,1	76,0	
Estabilidade (kgf)	850 mínimo	1.254	1.358	1.275	1.296	
Fluência (1/100 ")	2,0 a 4,0	2,90	3,00	3,10	3,0	
Massa espec. aparente (g/cm3)	—	2.546	2.548	2.547	2.547	
Vazios do agregado mineral (%)	15 mínimo	16,13	16,09	16,10	16,11	
Teor de Asfalto (4) :	5,5%	Resultados Obtidos				
Característcas Marshall	Especificação DER	CP10	CP11	CP12	Média	
Porcentagem de vazios (%)	3 a 5	2,72	2,87	2,91	2,83	2620
Relação Betume-Vazios(%)	70 a 82	83,5	82,7	82,5	82,9	
Estabilidade (kgf)	850 mínimo	1.191	1.107	1.087	1.128	
Fluência (1/100 ")	2,0 a 4,0	3,60	3,30	3,50	3,5	
Massa espec. aparente (g/cm3)	—	2.549	2.545	2.544	2.546	
Vazios do agregado mineral (%)	15 mínimo	16,48	16,61	16,65	16,58	

## **SM RESENDE CONSTRUÇÕES E INCORPORAÇÕES**

### Dados dos ensaios

Teor	Vazios	RBV	Estabilidade	Fluência	Massa	VAM
4,00	7,67	55,35	1044,77	2,30	2488,35	17,18
4,50	5,60	66,12	1211,93	2,70	2521,14	16,53
5,00	3,87	76,00	1295,51	3,00	2547,17	16,11
5,50	2,83	82,92	1086,56	3,47	2546,25	16,58

## **SM RESENDE CONSTRUÇÕES E INCORPORAÇÕES**

DNER-ME 138/94

### Resistência à tração por compressão diametral

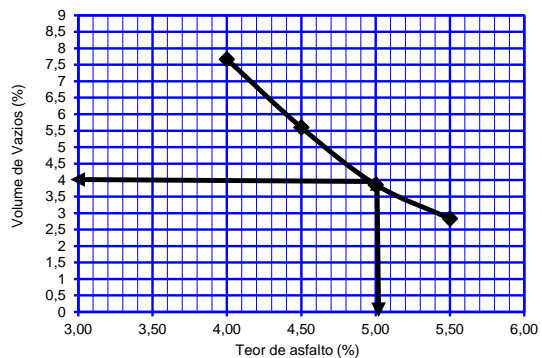
Teor (%)	CP N°	Leitura	Calculada Lx2xConst.	Fator Øx3.1416x Alt.	Resist.	Média
4,0	1	390	1.506	203,08	0,74	0,78
4,0	2	430	1.661	203,08	0,82	
Teor (%)	CP N°	Leitura	Calculada Lx2xConst.	Fator Øx3.1416x Alt.	Resist.	Média
4,5	3	490	1.892	204,16	0,93	0,96
4,5	4	520	2.008	203,96	0,98	
Teor (%)	CP N°	Leitura	Calculada Lx2xConst.	Fator Øx3.1416x Alt.	Resist.	Média
5,0	5	550	2.124	201,60	1,05	1,07
5,0	6	570	2.201	201,09	1,09	
Teor (%)	CP N°	Leitura	Calculada Lx2xConst.	Fator Øx3.1416x Alt.	Resist.	Média
5,5	7	430	1.661	200,13	0,83	0,88
5,5	8	480	1.854	200,13	0,93	



## SM RESENDE CONSTRUÇÕES E INCORPORAÇÕES

### Gráficos

Gráfico de volume de vazios



Relação Betume-Vazios

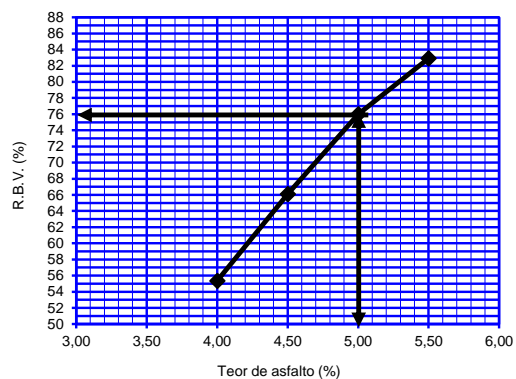


Gráfico de densidade aparente

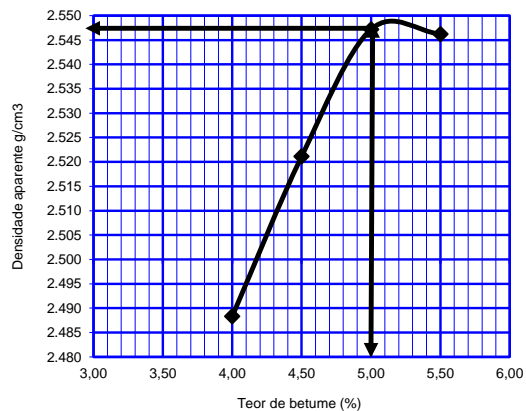


Gráfico de estabilidade

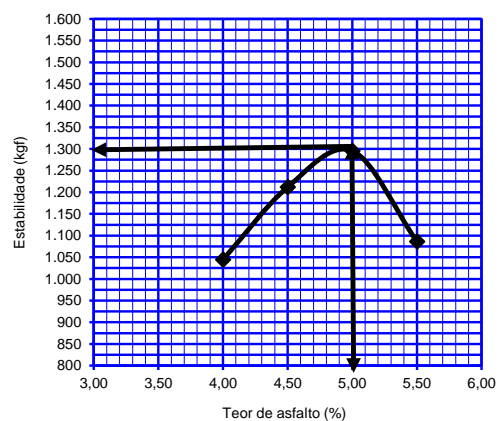


Gráfico de Fluência

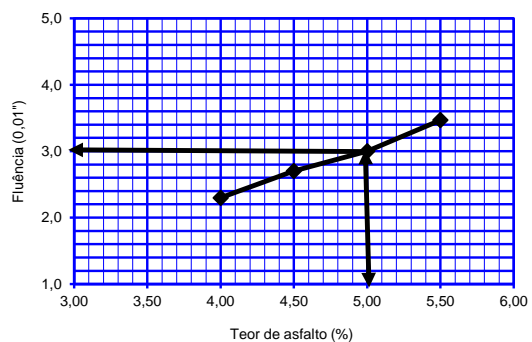
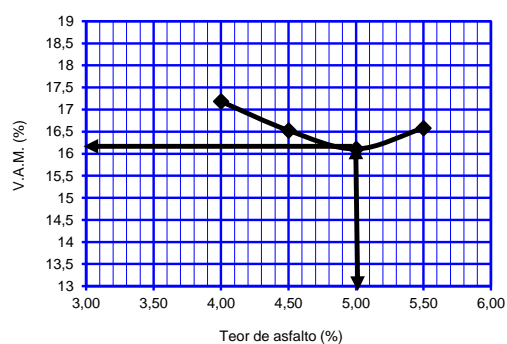


Gráfico de Vazios do Agregado Mineral



## **SM RESENDE CONSTRUÇÕES E INCORPORAÇÕES**

### **Cálculo do teor ótimo de Betume**

Valores limites

Vazios	Teor
3,0	5,40
5,0	4,65
Média =>	5,03

RBV	Teor
70,0	4,70
82,0	5,40
Média =>	5,05

Teor médio calculado 5,04

Teor adotado 5,00

Resultado final

Características Marshall	Especificação DER	Resultado
Porcentagem de vazios (%)	3 a 5	4,00
Relação Betume-Vazios(%)	70 a 82	76,0
Estabilidade (kgf)	850 mínimo	1.300,00
Fluência mm	2,0 a 4,0	3,00
Massa espec. aparente (g/cm3)	—	2.547,00
Vazios do agregado mineral (%)	15 mínimo	16,11
Teor de betume (%)		5,00%
Resistência à tração por compressão diâmetral estática a 25°C,Mpa	0,65 mínima	1,07
Relação Finos/Betume	0,8 a 1,6	1,38

**SM RESENDE CONSTRUÇÕES E INCORPORAÇÕES**

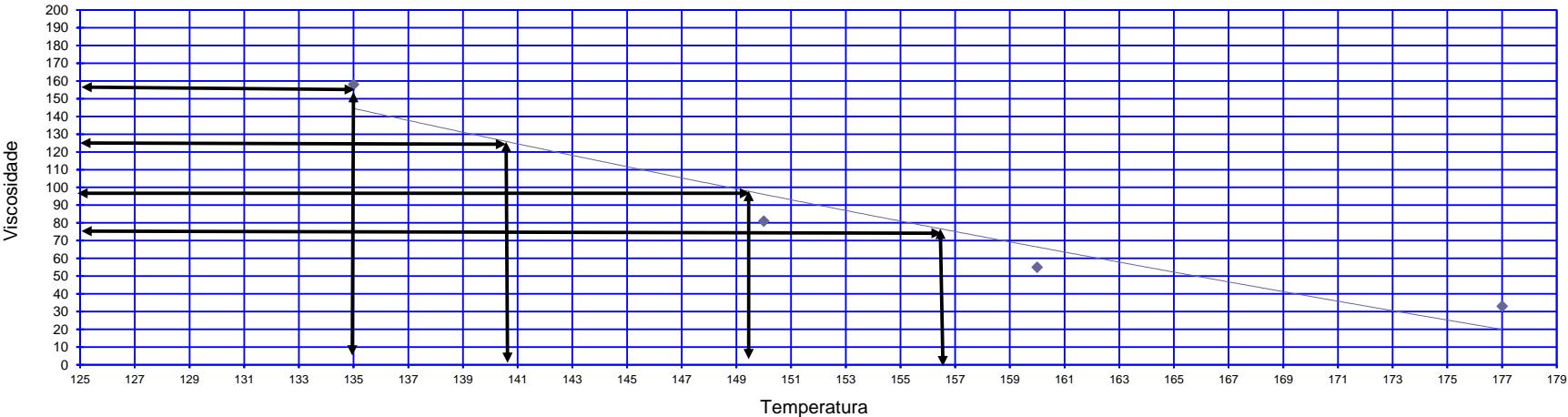
Gráfico das Temperaturas de Usinagem e Compactação

DNER-ME 04/94

Viscosidade Saybolt Furol Cap 50/70

Temperatura	135	150	160	177	
Viscosidade	158,0	81,0	55,0	33,0	

Viscosidade Saybolt Furol Cap 50/70

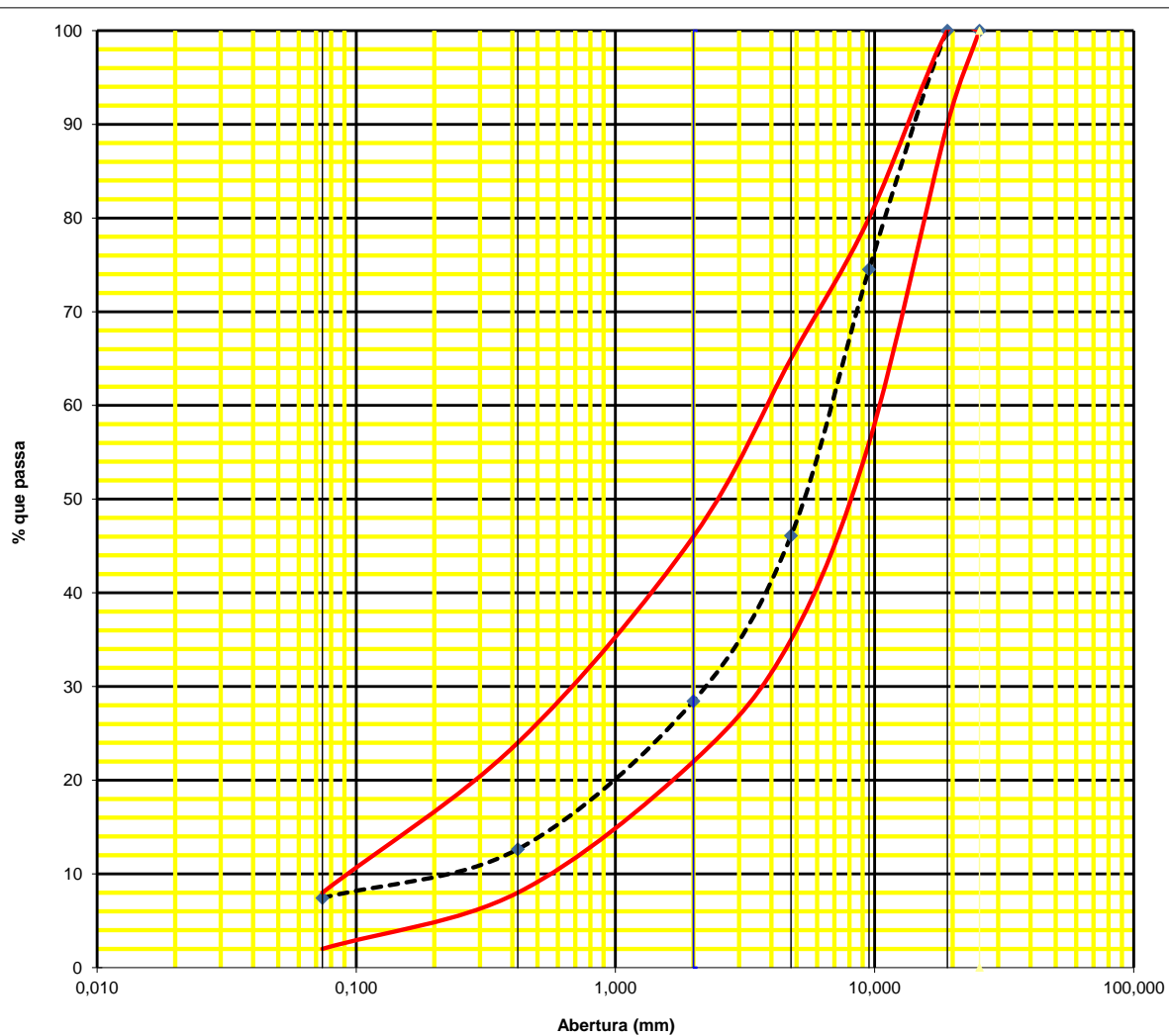


Resultado

135 S	85 S	Usinagem	compactação
148	162	85+ -10	140+ -15
		75 95	125 155
		150 a 156	135 a 140

**SM RESENDE CONSTRUÇÕES E INCORPORAÇÕES**  
**CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE ( C B U Q )**

	PESO TOTAL		961,5				TEOR DE LIGANTE PELO APARELHO SOXHLET				
PENEIRA	ABERTURA	PESO	(%)	(%) PASSA	ESPECIFICAÇÃO					PESO INICIAL	1013,0
NÚMERO	(mm)	(g)	RETIDA	ACUMULADA	FAIXA DE TRABALHO					PESO FINAL	961,5
										% LIGANTE	5,08
1"	25,4	0,0	0,0	100,0	100	100				TEOR DE PROJETO	5,00
3/4"	19,1	0,0	0,0	100,0	90	100				DESVIO	0,1
3/8"	9,52	245,0	25,5	74,5	56	80	% LIGANTE PELA FÓRMULA DE DURIEZ =				
Nº 4	4,76	518,3	53,9	46,1	35	65	CONSTANTE DE DURIEZ (K) =				
Nº 10	2,0	688,0	71,6	28,4	22	46	TRAÇO FAIXA C DER/PR - USINA TOLEDO				
Nº 40	0,42	840,0	87,4	12,6	8	24					
Nº 200	0,074	890,0	92,6	7,4	2	8					



DETERMINAÇÃO DO DANO POR UMIDADE INDUZIDA

DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE E VOLUME DE VAZIOS

MÉTODO DE ENSAIO : ABNT NBR 15617/2015

Variável	Descrição	Unidade	Sem Condicionamento			Com Condicionamento		
C.P.	Corpo de Prova	nº	1	2	3	4	5	6
C.P. ar	Corpo de Prova ao Ar	g	1258,4	1277,9	1250	1255,4	1270,2	1261,7
P.l	Peso Imerso	g/cm³	773,3	769,5	760,4	769,7	783	775,9
sss	Superfície Saturada	g	1273,4	1284,3	1263,0	1272,9	1286,5	1276,9
V.C.P.	Volume Corpo de Prova	cm³	500,1	514,8	502,6	503,2	503,5	501,0
d	Densidade Aparente	g/cm³	2,516	2,482	2,487	2,495	2,523	2,518
D	Densidade Teórica da Mistura	g/cm³	2,695					
Vv	Volume de Vazios	%	6,63	7,89	7,72	7,43	6,39	6,55

SATURAÇÃO DOS CORPOS DE PROVAS

Variável	Descrição	Unidade	Sem Condicionamento			Com Condicionamento		
sss vacuo	Superfície Saturada	g				1280,0	1292,3	1285,2
P.ag	Água Absorvida	g				24,6	22,1	23,5
Vv	Volume de Vazios	cm³				37,37	32,18	32,84
G.S	Grau de Saturação	%				65,82	68,67	71,57

RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

MÉTODO DE ENSAIO: DNER - ME 138/94								
		Constante do Anél Dinamométrico:			1931		PI:	3,1416
Variável	Descrição	Unidade	Sem condicionamento			Com Condicionamento		
I.	Leitura da prensa		375	385	370	310	305	310
D.	Diâmetro do Corpo de Prova	cm	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1
h	Altura do Corpo de Prova	cm	6,3	6,47	6,5	6,32	6,61	6,54
F.p	Fator da Prensa		1,917					
F.c.	Fator de Conversão	kgf-Pa	9,8066					
R.T.	Resistência a Tração	MPa	724,487	724,263	692,833	597,014	561,615	576,931
R.T.m	Resistência Tração média	MPa	0,714			0,579		
RRT	Razão de Resistência à Tração	%	81,04					

Laboratorista ARNOBIO RODRIGUES DE SOUZA	AASHTO -283/89	81,04	> 70%
--	----------------	-------	-------

## **SM RESENDE CONSTRUÇÕES E INCORPORAÇÕES**

### **RESUMO FINAL**

Nome do Ensaio	Método	Especificado	Obtido
3/4"	Tentativa		20,0%
3/8"	Tentativa		45,0%
3/16" ao fundo	Tentativa		35,0%
Equivalente de Areia da Mistura(%)	DNER - ME 54/97	≥ 55	57,0
Adesividade	DNER-ME 78/94	Sem descolamento	Satisfatório sem DOP
Lamelaridade		≤ 25%	14,9
Densidade Real do Agreg. Graúdo	DNER-ME 084/95		3.014
Densidade Real do Agreg. Médio	DNER-ME 084/95		2.908
Dens. Aparente do Material Finamente Pulverizado	DNER-ME 084/95		2.855
Abrasão Los Angeles	DNER-ME-035/98	≤ 50%	22,2
Durabilidade com Sulfato de Sódio Agregados Graúdos	DNER-ME-089/94	≤ 12%	0,80
Durabilidade com Sulfato de Sódio Agregados Miúdos	DNER-ME-089/94	≤ 15%	0,80
Absorção do Agregado Graúdo (%)	DNER-ME 084/95		1,70%
Teor Ótimo adotado			5,00%
Densidade Aparente	DNER-ME 043/95		2.547
Densidade RICE	AASHTO T 209-99		2.650
Densidade Teórica			2.669
Estabilidade Kgf	DNER-ME 043/95	850 mínimo	1.300
Fluência (mm)	DNER-ME 043/95	2,0 a 4,0	3,00
Resistência à tração por compressão diâmetral estática a 25°C,Mpa	DNER-ME 138/94	0,65 mínima	1,07
Viscosidade Saybolt/Furol a 135 GC	DNER-ME 04/94	141 mínimo	158,00
Viscosidade Saybolt/Furol a 177 GC	DNER-ME 04/94	30 a 150	33,00
Porcentagem de vazios (%)		3 a 5	4,00
Vazios do agregado mineral (%)		15 mínimo	16,11
Porcentagem de vazios (%)		3 a 5	4,00
Relação Betume-Vazios(%)		70 a 82	76,00
Densidade do Dano por Densidade Induzida		> 70 %	81,04

HENRIQUE MANFROI MARIA

Crea - PR-138529/D

Engº Civil

ARNÓBIO RODRIGUES DE SOUZA

Laboratorista