



SISTEMAS DE RECICLAGEM A QUENTE
COM ALTA TAXA DE MISTURA
BETUMINOSA FRESADA (50% RAP)

- **Economia de energia e materiais;**
- **Melhorias estruturais mantendo a rasante;**
- **Reabilitação estrutural de faixas de rodagem individuais;**
- **Conservação meio-ambiental.**

COMPONENTES DO BETUME

Fracção	Reactividade Química	Função Principal	Grupo
<i>Asfaltenos</i>	Baixa	Agente de estrutura	Asfaltenos
<i>Bases nitrogenadas</i>	Alta	Peptizante	Maltenos
<i>Primeiras Acidafinas</i>	Alta	Dissolvente	Maltenos
<i>Segundas Acidafinas</i>	Baixa	Dissolvente	Maltenos
<i>Saturados</i>	Baixa	Gelificante	Maltenos

- Relação de Reactividade Química

$$\text{CRR} = \frac{N + A1}{P + A2} \quad 0,4 \ll 1,5$$

- Instabilidade Coloidal

$$I_c = \frac{A_s + P}{N + A1 + A2} < 1$$

- Compatibilidade rejuvenescedor

$$C = \frac{N}{P} > 0,5$$

- **Restaurar a composição óptima do betume envelhecido para manter a durabilidade da mistura.**
- **Conduzir o betume envelhecido a uma consistência (Penetração) adequada.**
- **Satisfazer o conteúdo adequado de ligante da mistura.**

- **Reconhecimento da estrada;**
- **Recolha de amostras;**
- **Caracterização dos materiais;**
- **Decisão sobre a viabilidade técnica da reciclagem;**
- **Formulação da mistura.**

RESULTADOS DA ANÁLISE DOS BETUMES EXTRAÍDOS

Ensaio	Norma	Unidade	TRECHO I	TRECHO II
Penetração a 25°C, 5s, 100g	NLT-124	1/10mm	9	18
Ponto de amolecimento	NLT-125	°C	74.5	65.4
Índice de penetração	NLT-181		0.1	-0.1
Composição por cromatografia de coluna:	ASTM D-2006	%		
Asfaltenos			38.24	31.39
Polares			26.02	30.38
1ª Acidafina			7.86	7.87
2ª Acidafina			17.85	20.52
Saturados			10.03	9.84
CRR			1,21	1,25
Ic			0,93	0,70

CARACTERÍSTICAS DO REJUVENESCEDOR DESENVOLVIDO



	Unidade	Rejuvenecedor
Método		
Dissolvente		
Penetração 25°C, 100g, 5s	1/10 mm	104
Ponto de amolecimento	°C	43.5
Índice de penetração		-1.2
Asfaltenos	%	15.82
Polares	%	19.99
1ª Acidafina	%	22.20
2ª Acidafina	%	27.98
Saturados	%	14.01
Valor de C		1,43

RECICLAGEM A QUENTE. CRITÉRIOS DE FORMULAÇÃO.



CARACTERÍSTICA		CATEGORIA DE TRÁFEGO PESADO			
		T00 e T0	T1 e T2	T3 e bermas	T4
ESTABILIDADE (kN)		>15	>12,5	>10	8-12
DEFORMAÇÃO (mm)		2-3	2-3,5		2,5-3,5
VAZIOS NA MISTURA (%)	Camada de desgaste	4-6		3-5	
	Camada intermédia	4-6	5-8	4-8	4-8
	Camada de base	5-8	6-9	5-9	
VAZIOS NOS AGREGADOS (%)	Misturas 12	≥15			
	Misturas 20 e 25	≥14			

FÓRMULAS DE TRABALHO ESTUDADAS



	Mistura	% RAP	% ligante no RAP	Penetração do ligante de RAP	% ligante final na mistura
Fórmula I	S-20	50	4.4	9	4.8
Fórmula II	G-20	50	3.85	9	4.0
Fórmula III	S-20	50	4.4	18	4.8
Fórmula IV	G-20	50	3.85	18	4.0

RECICLAGEM A QUENTE. RESULTADOS MECÂNICOS.



SUB-TRECHO	Densidade (g/cc)	Estabilidade (N)	Deformação (mm)
Reciclagem com rejuvenescedor	2,41	1310	3,8
Mistura nova com B50/70	2,37	1270	3,6

CENTRAL UTILIZADA



ARMAZENAMENTO DO FRESADO



COLOCAÇÃO EM OBRA



PROPRIEDADES FINAIS DO BETUME RECICLADO



	Unid.	Amostra I	Amostra II	Rejuvenecedor
Método		Destilador rotativo		
Dissolvente		Diclorometano		
Penetração a 25°C, 100g, 5s.	dmm	26	21	104
Ponto de amolecimento	°C	59.5	63.0	43.5
Índice de penetração		-0.5	-0.3	-1.2
Asfaltenos	%	25.40	29.30	15.82
Polares	%	22.88	20.90	19.99
1ª Acidafina	%	15.89	15.63	22.20
2ª Acidafina	%	25.90	21.16	27.98
Saturados	%	9.93	13.01	14.01
Índices de Envelhecimento				
CRR		1,08	1,07	
Ic		0,54	0,73	
Valor de C				1,43

- Técnica que permite a reciclagem de pavimentos com alta taxa de mistura envelhecida;
- Técnica que utiliza meios de aplicação de obras convencionais;
- Técnica que permite o rejuvenescimento dos betumes envelhecidos e que trava a velocidade de oxidação atmosférica dos betumes, melhorando o seu equilíbrio coloidal;
- Técnica mediante a qual se obtêm resultados similares aos de uma mistura a quente.