

Característica	Unidade	Limites		Métodos
		CAP 30-45	CAP 50-70	
Penetração (100g, 5s, 25°C)	0,1mm	30 - 45	50 - 70	NBR 6576
Ponto de Amolecimento, mín.	°C	52	46	NBR 6560
VISCOSIDADE SAYBOLT - FUROL				
a 135°C, mín.	s	192	141	NBR 14950
a 150°C, mín.		90	50	
a 177°C, mín.		40 - 150	30 - 150	
VISCOSIDADE BROOKFIELD				
a 135°C, SP 21, 20rpm, mín.	cP	374	274	NBR 15184
a 150°C, SP 21, mín.		203	112	
a 177°C, SP 21, mín.		76 - 285	57 - 285	
Índice Suscetibilidade Térmica		(-1,5) a (+0,7)	(-1,5) a (+0,7)	-
Ponto de fulgor, mín.	°C	235	235	NBR 11341
Solubilidade em tricloroetileno, mín.	% massa	99,5	99,5	NBR 14855
Ductilidade a 25°C, mín.	cm	60	60	NBR 6293
EFEITO DO CALOR E DO AR (RTFOT) A 163°C, 85 min				D 2872
Varição em massa, máx.	% massa	0,5	0,5	
Ductilidade a 25°C, mín.	cm	10	20	NBR 6293
Aumento do ponto de amolecimento, máx.	°C	8	8	NBR 6560
Penetração retida, mín. (*)	%	60	55	NBR 6576

TABELA 2: Regulamento Técnico ANP nº 03/2005 (modificado)

3.1.2 Os cimentos asfálticos de petróleo modificados por adição de borracha moída de pneus devem possuir as seguintes características:

a) O teor mínimo de borracha deve ser de 15% em massa, incorporada no ligante asfáltico, sendo expressamente proibida a industrialização na própria obra;

b) O ligante asfalto-borracha deve atender às exigências da Norma DNIT 111/2009-EM (TABELA 3);

c) O tempo máximo e as condições de armazenamento e estocagem do asfalto borracha, para diferentes situações, devem ser definidos pelo fabricante.

Característica	Unidade	Asfalto-borracha Tipo AB 8	Asfalto-borracha Tipo AB 22	ME
Penetração, 100g, 5s, 25°C	0,1mm	30-70	30-70	DNER ME 003/99
Pto Amolecimento, mín, 0C	OC	55	57	DNER ME 247/94
Viscosidade Brookfield, 1750C,	20rpm Spindle-3	cP	800-2000 2200-4000	NBR 15529
Ponto de Fulgor, mín	OC	235	235	DNER ME 148/94
Recuperação Elástica Ductilômetro, 25oC, 10cm, mín	%	50	55	NBR 15086
Estabilidade à estocagem, máx	OC	9	9	DNER ME 384/99
EFEITO DO CALOR E DO AR (RTFOT) a 163OC (*)				
Varição em massa, máx	%	1	1	NBR 15235
Varição ponto de amolecimento, máx	OC	10	10	DNER ME 247/94
Porcentagem penetração original, mín	%	55	55	DNER ME 003/99
Porcentagem recuperação elástica original, 25OC 10cm, mín	%	100	100	NBR 15086

(*) Ensaios no resíduo do material resultante do ensaio NBR 15235

TABELA 3: Ensaios para cimento asfáltico modificado por borracha de pneus DNIT 111/2009 - EM (modificado)

3.1.3 Os cimentos asfálticos de petróleo modificados por adição de polímeros elastoméricos devem possuir as seguintes características:

a) O ligante asfáltico de petróleo modificado pela adição de polímeros elastoméricos deve atender às exigências da Agência Nacional do Petróleo, Gás e Biocombustíveis em vigor, conforme Regulamento Técnico ANP nº 04/2010 (TABELA 4);

b) O tempo máximo e as condições de armazenamento e estocagem do asfalto modificado com polímeros devem ser definidos pelo fabricante;

A garantia do produto asfáltico por carga deve ser atestada pelo fabricante através de certificado com as características do produto.

Característica	Unidade	Limite			Método	
		Tipo				ABNT
		55/75-E	60/85-E	65/90-E		
Penetração (100g, 5s, 25°C)	0,1 mm	45-70	40-70		NBR 6576	
Ponto de amolecimento, mín	°C	55	60	65	NBR 6560	
VISCOSIDADE BROOKSFIELD					NBR 15184	
a 135°C, spindle 21, 20 rpm, máx	cP	3000				
a 150°C, spindle 21, 50 rpm, máx		2000				
a 177°C, spindle 21, 100 rpm, máx		1000				
Ponto de fulgor, mín	°C	235			NBR 11341	
Ensaio de separação de fase, máx	°C	5			NBR 15166	
Recuperação elástica a 25°C, 20 cm, mín	%	75	85	90	NBR 15086	
EFEITO DO CALOR E DO AR (RTFOT) A 163 °C, 85 minutos						
Varição em massa, máx	% massa	1,0			NBR 15235	
Varição do ponto de amolecimento, máx	°C	-5 a +7			NBR 6560	
Porcentagem de penetração original, mín	%	60			NBR 6576	
Porcentagem de recuperação elástica original a 25°C, mín.	%	80			NBR 15086	

TABELA 4: Regulamento Técnico ANP nº 04/2010 (modificado)

3.2 AGREGADOS

3.2.1 Agregado Graúdo

O agregado graúdo, assim considerado o material retido na peneira de 4,8 mm (nº 4), será constituído por produtos de britagem provenientes de rochas sãs (granitos, gnaiesses, basalto, etc), apresentando partículas limpas e duráveis, livres de torrões de argila e outras substâncias nocivas, atendendo aos seguintes requisitos:

a) Quando submetidos à avaliação da durabilidade com solução de sulfato de sódio, em cinco ciclos (DNER-ME 89/94), os agregados deverão apresentar perdas inferiores a 12%;

b) Para o agregado retido na peneira de 2,0 mm (nº 10), a porcentagem de desgaste no ensaio de abrasão "Los Angeles" (PMSP ME-23/92) não deverá ser superior a 40%;

c) Deve apresentar boa adesividade com material asfáltico (PMSP ME-24/92). Caso isto não ocorra, deve ser empregado um melhorador de adesividade;

d) Deve apresentar índice de forma superior a 0,5 (DNER-ME 086/94) e porcentagem de partículas lamelares não superior a 10% (NBR 6954).

3.2.2 Agregado Miúdo

O agregado miúdo, assim considerado o material que passa na peneira de 4,8 mm (nº 4), será constituído por areia, pó-de-pedra ou mistura de ambos, apresentando partículas individuais resistentes, livres de torrões de argila e outras substâncias nocivas. Deverão ser atendidos, ainda, os seguintes requisitos:

a) O equivalente de areia (DNER-ME 054/97) de cada fração componente do agregado miúdo (pó-de-pedra e/ou areia) deverá ser igual ou superior a 55%;

b) É vetado o emprego de areia proveniente de cavas e/ou barrancas de rio, sem o devido beneficiamento. Sua utilização só será possível após análises e liberações pela Fiscalização no caso de pavimentação de vias de tráfego leve e médio. No caso de vias de tráfego meio pesado, pesado e muito pesado somente serão aceitas frações de agregado miúdo decorrentes de britagem de rocha.

3.2.3 Material de Enchimento (Filer)

O material de enchimento deverá ser constituído pela parte fina do pó-de-pedra, cimento Portland, cal extinta ou pó-calciário. Quando da aplicação, o filer deverá estar seco e isento de grumos. A granulometria a ser atendida deverá obedecer os limites indicados no Quadro 3.1.

Quadro 3.1

Limite para granulometria do filer	%EM PESO QUE PASSA
0,420mm (nº 40)	100
0,175 mm(nº 80)	95-100
0,075 mm(nº 200)	65-100

3.2.4 Melhoradores de adesividade

A necessidade do emprego de melhorador de adesividade deverá ser avaliada através de ensaio de adesividade (PMSP ME-24/92; NBR 15617; NBR 15618). Os aditivos poderão ser os produtos químicos melhoradores de adesividade ou cal hidratada.

3.3 COMPOSIÇÃO DA MISTURA

A faixa granulométrica a ser utilizada deverá ser selecionada em função da utilização prevista para o concreto asfáltico. A composição da mistura deverá satisfazer os requisitos do Quadro 3.2. Deverão ser obedecidos, ainda, os seguintes requisitos:

a) A faixa granulométrica a ser usada deve ser aquela que corresponde ao projeto estrutural e cujo diâmetro máximo seja igual ou inferior a 2/3 da espessura acabada (compactada) da camada;

b) A fração retida entre duas peneiras consecutivas, com exceção das duas de maior malha de cada faixa, não deverá ser inferior a 4% do total;

c) As granulometrias das frações passantes na peneira 2,0mm deverão ser obtidas por "via lavada";

d) As condições obtidas no ensaio Marshall (PMSP ME-42/92), para a estabilidade, fluência, porcentagem de vazios e relação betume-vazios deverão atender aos limites apresentados no Quadro 3.3.

Nos casos da utilização de misturas asfálticas para camada de rolamento e de reperfilagem (Faixas II, III, e IV), os vazios do agregado mineral (% VAM) deverão atender aos valores do Quadro 3.4, definidos em função do diâmetro máximo do agregado empregado.

Quadro 3.2

Requisitos para composição da mistura		PENEIRAS							
(mm)	I	II	III	IV	V	GAP	Graded (*)	GAP I	GAP II
50	2"	100	-	-	-	-	-	-	-
38	1 1/2"	95-100	100	-	-	-	-	-	-
25	1"	75-100	95-100	-	-	-	-	-	-
19	3/4"	60-90	80-100	100	100	-	100	-	-
12,5	1/2"	-	-	80-100	88-100	-	90-100	100	100
9,52	3/8"	35-65	45-80	70-90	78-94	100	78-92	80-100	80-100
4,8	4	25-50	28-60	44-72	60-80	75-100	28-42	25-40	25-40
2,38	8	-	-	-	44-60	-	-	19-32	-
2,0	10	20-40	20-45	22-50	-	50-90	14-24	-	-
1,2	16	-	-	-	-	-	-	16-22	-
0,6	30	-	-	-	-	-	-	10-18	-
0,42	40	10-30	10-32	8-26	20-35	20-50	8-17	-	-
0,3	50	-	-	-	-	-	-	8-13	-
0,175	80	5-20	8-20	4-16	12-24	7-28	5-11	-	-
0,15	100	-	-	-	-	-	-	6-10	-
0,075	200	1-8	3-8	2-10	6-12	3-10	2-7	4-7	-

UTILIZAÇÃO	LIGAÇÃO	ROLAMENTO	ROLA-MENTO	REPERFIL	ROLA-MENTO
TIPO DE TRÁFEGO	(IP-02)	MÉDIO A MUITO PESADO	MÉDIO A MTO. LEVE	MÉDIO/LEVE	QUALQUER MTO. PESADO
ESPESSURA MAXIMA COMPACTADA (cm)	6,0	6,0	6,0	5,0	2,5

(*) GAP Graded – Faixa de Granulometria Semidescontínua Quadro 3.3 Ensaio Marshall (Valores Recomendados)

ITEM	TRÁFEGO – IP-02	LEVE	MÉDIO A MTO PESADO
PMSP SP ME42/92		50	75
NO GOLPES/FACE		5	8
ESTABILIDADE MÍNIMA KN		5	8
FLUÊNCIA (mm) (0,01")		2,0 a 4,0	8-18
% DE VAZIOS TOTAIS			2,0 a 4,0
REPERFILAGEM			3 a 5
LIGAÇÃO			4 a 7
ROLAMENTO			3 a 5
GAP			4 a 6

RELAÇÃO BETUME/VAZIOS(%)

REPERFILAGEM	70 a 80
LIGAÇÃO	65 a 75
ROLAMENTO	70 a 80
GAP	65 a 78

RT(MPa) – Resistência à tração por compressão diametral (NBR 15087)

LIGAÇÃO/REPERFILAGEM	0,65
ROLAMENTO	0,80
GAP	0,50

Quadro 3.4

Limites Recomendados para % de Vazios do Agregado Mineral (VAM)

DIÂMETRO MÁXIMO	% VAM MÍNIMO(4% VAZIOS)
38 mm	11
25 mm	12
19 mm	13
16 mm	14
12,5mm	14
9,5mm	15

4. EQUIPAMENTOS

Todo equipamento deverá ser inspecionado pela Fiscalização, devendo dela receber aprovação, sem o que não será dada a autorização para o início dos serviços. Caso necessário, a Fiscalização poderá exigir a vistoria do equipamento por engenheiro mecânico ou técnico qualificado.

4.1 DEPÓSITOS PARA CIMENTO ASFÁLTICO DE PETRÓLEO

Os depósitos para o cimento asfáltico deverão ser capazes de aquecer o ligante conforme as exigências técnicas estabelecidas por esta Instrução, através de serpentina a vapor, óleo, eletricidade ou outros meios, de modo a não haver contato direto de chamas com o depósito. O sistema de circulação do cimento asfáltico deverá garantir a circulação livre e contínua, do depósito ao misturador, durante todo o período de operação. Todas as tubulações e acessórios deverão ser dotados de isolamento térmico, a fim de evitar perdas de calor.

Para o caso de ligante com borracha ou polímeros é necessário que sejam instalados agitadores mecânicos nos tanques e um sistema de circulação para o ligante asfáltico, de modo a garantir a circulação contínua do depósito ao misturador durante todo o período de operação. Todas as tubulações devem apresentar diâmetro maior que 2 1/2"; devem ser evitadas muitas curvas nas tubulações para ligante modificado por borracha de pneu.

A capacidade dos depósitos de cimento asfáltico deverá ser suficiente para o atendimento de, no mínimo, três dias de serviço.

4.2 DEPÓSITOS PARA AGREGADOS (SILOS DOSADORES)

Os agregados devem ser estocados convenientemente, isto é, em locais drenados, cobertos, dispostos de maneira que não ocorra mistura de agregados, preservando a sua homogeneidade e granulometria e não permitindo contaminações de agentes externos. A transferência para silos de armazenamento deve ser feita o mais breve possível.

Os silos deverão ser divididos em compartimentos, dispostos de modo a separar e estocar, adequadamente, as frações dos agregados. Cada compartimento deverá possuir dispositivos adequados de descarga passíveis de regulagem e o sistema de alimentação deverá ser sincronizado, de forma a assegurar a adequada proporção dos agregados frios e a constância de alimentação.

O material de enchimento (filer) será armazenado em silo apropriado, conjugado com dispositivos que permitam a sua dosagem.

Em conjunto, a capacidade de armazenamento dos silos deverá ser, no mínimo, três vezes a capacidade do misturador.

Especial atenção deverá ser dada à proteção dos agregados da umidade durante sua estocagem, através de silos cobertos.

4.3 USINAS PARA MISTURAS ASFÁLTICAS

A usina utilizada deverá apresentar condições de produzir misturas asfálticas uniformes, devendo ser totalmente revisada e aferida em todos os seus aspectos antes do início da produção. Deverá ser preferencialmente equipada com unidade classificadora de agregados após o secador, a qual distribuirá o material para os silos queques.

O sistema de coleta do pó deverá ser comprovadamente eficiente, a fim de minimizar os impactos ambientais. O material fino coletado deverá ser devolvido, no todo, em parte, ou não retornado ao misturador.

O misturador deverá ser do tipo "pug-mill", com duplo eixo conjugado, provido de palhetas reversíveis e removíveis, devendo possuir dispositivo de descarga de fundo ajustável e controlador do ciclo completo da mistura.

A usina deverá ser equipada com os seguintes sistemas de controle de temperatura:

I. Um termômetro de mercúrio, com escala em "dial", pirômetro elétrico ou outros instrumentos termométricos adequados, colocados na descarga do secador e em cada silo quente, para registrar a temperatura dos agregados;

II. Um termômetro com proteção metálica e graduação de 900 a 1200C, instalado na linha de alimentação do asfalto, em local adequado, próximo à descarga no misturador;

III. No caso de sistema de filtragem por filtros de manga, deverá ser instalado um termômetro para proteção das mangas com desligamento automático do maçarico, no caso de excesso de temperatura.

Caso necessário, para ligantes asfálticos modificados por polímeros ou borracha de pneu, e a critério do fornecedor do ligante asfáltico, o motor da usina deverá apresentar potência ? 15 CV, bomba superior a 2 1/2" e tubulações com diâmetro maior que 2 1/2"; deverá ser retirado filtro do asfalto e bicos da usina, bem como deverão ser evitadas muitas curvas em todo o sistema de tubulação. Especialmente para o ligante de maior viscosidade, deverão adicionalmente ser verificados outros fatores como a distância do tanque à bomba e ao ponto de descarga no misturador.

Especial atenção deverá ser conferida à segurança dos operadores da usina, particularmente em relação à eficácia dos corrimãos das plataformas e escadas, à proteção de peças móveis e à de circulação dos equipamentos de alimentação de silos e transporte da mistura, devendo ser seguida a legislação de segurança do trabalho pertinente.

4.4 CAMINHÕES PARA TRANSPORTE DA MISTURA

O transporte da mistura betuminosa deverá ser efetuado através de caminhões basculantes com caçambas metálicas limpas e lubrificadas com óleo mineral ou similar caso seja necessário, providas de lona para proteção da mistura. A utilização de produtos que possam dissolver o ligante asfáltico (óleo diesel, gasolina) não é permitida.

4.5 EQUIPAMENTOS PARA DISTRIBUIÇÃO

A distribuição da mistura asfáltica será normalmente efetuada através de acabadora automatiz, capaz de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, cotas e abaulamento requeridos. A acabadora deverá ser preferencialmente equipada com esteiras metálicas para sua locomoção.

A acabadora deverá possuir, ainda:

I. sistema composto por parafuso de rosca-sem-fim, capaz de distribuir adequadamente a mistura, em toda a largura da faixa de trabalho;

II. sistema rápido e eficiente de direção, além de marchas para a frente e para trás;

III. alisadores, vibradores e dispositivos para seu aquecimento à temperatura especificada, de modo que não ocorra irregularidade na distribuição da massa;

IV. dispositivo eletrônico de nivelamento;

V. sistema de vibração que permita pré-compactação na mistura espalhada.

4.6 EQUIPAMENTO PARA COMPACTAÇÃO

A compactação da mistura betuminosa será efetuada pela ação combinada de rolo de pneumáticos e rolo liso tandem, ambos autopropelidos.

O rolo pneumático deverá ser dotado de dispositivos que permitam a mudança automática da pressão interna dos pneus, na faixa de 35 a 120 lb/pol2 (250 kPa a 850 kPa). É obrigatória a utilização de pneus uniformes, de modo a se evitar marcas indesejáveis na mistura comprimida.

O rolo compactador de rodas metálicas lisas, tipo tandem, deverá ter peso compatível com a espessura da camada.

O emprego de rolos lisos vibratórios poderá ser admitido, desde que a frequência e a amplitude vibratória possam ser ajustadas às necessidades do serviço, e que sua utilização tenha sido comprovada em serviços similares, não incorra em fissuração da camada e não ocorram danos nos imóveis lindeiros.

Em qualquer caso, os equipamentos utilizados deverão ser eficientes no que se refere à obtenção do grau de compactação de projeto preconizado para a camada no período em que a mistura se apresentar em condições de temperatura que lhe assegurem adequada trabalhabilidade.

Para misturas semidescontínuas do tipo "Gap Graded" utilizam-se exclusivamente rolos do tipo tandem metálico.