

				Código ET-ECS.000.000-PAV/17		REV. 11	
				Emissão 25/11/2024		Folha 1/30	
				Resp. Técnico / Elaborador: Eng. Reginaldo Jesus			
				Nº CREA: SP-5070904250			
Rodovia: Geral				Verificador: Eng. Claudio Renato Dias			
Trecho: Geral				Aprovador: Eng. Danilo Martinelli Pitta			
Objeto: PAVIMENTAÇÃO - ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA PARA CONCRETO ASFÁLTICO COM ASFALTO BORRACHA							
Documentos de Referência: – Manual de Normas de Pavimentação – DER-SP, 1991. – ET-DE-P00/027 - CONCRETO ASFÁLTICO. – DNIT 031/2006 ES - Pavimentos flexíveis - Concreto asfáltico - Especificação de serviço. – DNIT 112/2009 ES – Pavimentos flexíveis - Concreto asfáltico com asfalto – borracha, via úmida, do tipo “Terminal Blending – Especificação de Serviço – DERSA-ET P0/026 - Revestimento Poroso Modificado por Polímeros. – DER/PR ES-P 28/05 – Pavimentação: Concreto Asfáltico Usinado a Quente com Asfalto Borracha.							
Descrição das Revisões: Rev.11 - Alterado no item 4.1. a exigência quanto a Estabilidade ao armazenamento de “9°C” para “5°C”; incluído no item 4.2.1. e item 4.2.2 critérios quanto a umidade dos agregados Graudos e agraçados Miudos respectivamente; revisado no item 6.2 de “A temperatura de aquecimento do asfalto borracha é de 175°C. A temperatura máxima deve ser de 180°C. Os agregados devem ... pneumáticos, desde que a temperatura não supere 180°C” para “A temperatura de aquecimento do ligante asfáltico modificado com borracha, deve estar compreendida entre 170 e 180°C. Os agregados devem ser aquecidos a temperaturas entre 10 e 15°C acima da temperatura do ligante asfáltico. A usinagem do concreto asfáltico deve ser realizada entre 165 e 180°C”. Retirado no item 8.5 parâmetro de “Condição estrutural – no caso de pista nova” na aplicabilidade do fator de pagamento e revisado parágrafo de “Se os valores dos resultados dos ensaios estiverem ... de Pagamento este será desconsiderado” para “Se os valores dos resultados dos ensaios estiverem dentro das faixas de aceitação, porém dispersos, deverá ser aplicado o Fator de Pagamento. Caso hajam valores dos resultados dos ensaios fora da faixa de aceitação (conforme item 4.4.1), o lote deverá ser rejeitado. Rev.10 - Alterado segundo parágrafo no item 4.3 de “É obrigatório a utilização de Cal Hidratada CH-1 (calcítica) ou cimento ... misturador. A cal deverá atender os parâmetros físico-químicos conforme quadro abaixo” para “no caso de não atendimento ao DUI, será obrigatória a utilização de Cal Hidratada CH-1 (calcítica) ou cimento ... que deverão atender os parâmetros físico-químicos conforme quadro abaixo. Rev.09 – Alterado no item 4.3 a porcentagem mínima de cal de 1% para 1,5% sendo para usinas gravimétricas e volumétricas se adicionado no misturado. E incluído porcentagem de cal mínima de 2% para usinas volumétricas se adicionado fora do misturador; Incluído Faixa EGL 12,5 mm no item 4.4.1; alterado no item 4.4.2 a relação filler/betume de “0,6 – 1,4” para “0,6 – 1,6” e “0,6 – 1,2” para “0,6 - 1,4” respectivamente e adicionado referências ASTM D6307, DNIT 158 - ME e DNIT 412 – ME.							
Observação:							

11	25/11/2024	Eng. Reginaldo Jesus	SP-5070904250	Eng. Claudio Renato Dias	Eng. Danilo Martinelli Pitta
10	26/09/2023	Eng. Reginaldo Jesus	SP-5070904250	Eng. Claudio Renato Dias	Eng. Danilo Martinelli Pitta
09	16/02/2023	Eng. Reginaldo Jesus	SP-5070904250	Eng. Claudio Renato Dias	Eng. Danilo Martinelli Pitta
Rev.	Data	Resp. Técnico/ Elaborador	Nº. CREA	Verificador	Aprovador

1. OBJETIVO

Esta Especificação fixa as condições a serem adotadas para a execução e controle de concreto asfáltico com asfalto borracha, a ser executado como camada de revestimento de pavimentos flexíveis.

2. DEFINIÇÕES

Concreto Asfáltico com Asfalto Borracha - mistura a quente executada em usina apropriada, com características específicas composta de agregado mineral graduado, material de enchimento (filer) e cimento asfáltico de petróleo modificado com adição de borracha de pneumáticos pelo processo via úmida do tipo “Terminal Blending”, usinada, espalhada e comprimida a quente, sobre superfície previamente preparada.

De acordo com a posição relativa e a função na estrutura, a mistura de concreto asfáltico com asfalto borracha deve atender às características especiais em sua formulação, recebendo geralmente a designação a seguir:

- Camada de Rolamento (ou capa) - camada superior ou superficial de revestimento, que receberá as cargas do tráfego.
- Camada de Ligação (“Binder”) ou camada intermediária: camada executada abaixo da camada de rolamento, de forma a ligá-la à camada subjacente.

O Processo por via úmida de adição da borracha é aquele no qual a borracha moída com granulometria extremamente fina, é diretamente adicionada ao ligante asfáltico, antes de ser misturado ao agregado, promovendo a modificação deste pela sua incorporação de modo homogêneo.

No Procedimento de obtenção do tipo “Terminal Blending” os componentes do asfalto borracha são misturados em um terminal especial, a altas temperaturas, por agitação com alto cisalhamento, resultando em um ligante homogêneo e tendo sua estabilidade notadamente dependente do tempo decorrido entre este processo e o envio para a usinagem da mistura asfáltica.

Não será permitida a execução dos serviços, objeto desta Especificação, em dias de chuva e sem o preparo prévio da superfície, caracterizado por sua limpeza e reparação preliminar.

O concreto asfáltico somente deverá ser fabricado, transportado e aplicado quando a temperatura ambiente for superior a 10 °C, a temperatura de referência é a do local de aplicação.

Todo o carregamento de ligante asfáltico, com incorporação de borracha por via úmida, que chegar à obra, deve apresentar o certificado de resultados de análise correspondente à data de fabricação ou ao dia de carregamento e transporte para o canteiro de serviço. Deve trazer também indicação clara da procedência, do tipo, da quantidade do seu conteúdo e da distância de transporte entre a fonte de produção e o canteiro de serviço.

3. REFERÊNCIAS

- DNER-ME 024 - Pavimento - Determinação das deflexões pela viga Benkelman;
- DNER-ME 035 - Agregados – Determinação da abrasão “Los Angeles”;
- DNER-ME 043 - Ensaio Marshall para misturas betuminosas;
- DNER-ME 053 - Misturas Betuminosas – Porcentagens de betume;
- DNER-ME 054 - Equivalente de areia;
- DNER-ME 055 - Impurezas orgânicas em areia;
- DNER-ME 078 - Agregado Graúdo - Adesividade a ligante asfáltico;
- DNER-ME 079 - Agregado - Adesividade a ligante asfáltico;
- DNER-ME 083 - Agregados - Análise granulométrica;
- DNER-ME 086 - Agregados - Determinação do índice forma;
- DNER-ME 089 - Agregados - Avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio;
- DNER-ME 117 - Mistura betuminosa - determinação da densidade aparente;
- DNER-ME 163 - Materiais Asfálticos - Determinação da ductilidade;
- DNER-ME 401 - Agregados - Determinação do índice de degradação de rochas após compactação Marshall, com ligante ID_{ML} e sem ligante ID_M;
- DNIT 418 - EM – Pavimentação – Solo-cal – Cal Virgem e Cal Hidratada – Especificação de Material;
- DNIT 130 - ME – Determinação da recuperação elástica de materiais asfálticos pelo ductilômetro;
- DNIT 158 – ME - Mistura asfáltica – Determinação da porcentagem de betume em mistura asfáltica utilizando o extrator Soxhlet - Método de ensaio;

- DNIT 412 – ME - Pavimentação - Misturas asfálticas - Análise granulométrica de agregados graúdos e miúdos e misturas de agregados por peneiramento - Método de ensaio;
- DNIT 424 - ME - Pavimentação – Agregado – Determinação do índice de forma com crivos
- DNIT 425 - ME - Pavimentação – Agregado – Determinação do índice de forma com paquímetro
- ME-ECS.000.000-PAV/01 - Mistura Betuminosa - Determinação da densidade aparente;
- ABNT NBR 15087 - Pavimentação asfáltica - Misturas asfálticas – Determinação da resistência à tração por compressão diametral);
- AASHTO 283-89 - Resistência de misturas betuminosas compactadas por danos com umidade induzida;
- ABNT NBR 6560 - Materiais Asfálticos - Determinação do ponto de amolecimento - Método do anel e bola;
- ABNT NBR 6576 - Materiais Asfálticos - Determinação da Penetração;
- ABNT NBR 11341 - Derivados de Petróleo - Determinação dos Pontos de Fulgor e de Combustão em Vaso Aberto Cleveland;
- ABNT NBR 15086 - Materiais Asfálticos - Determinação da Recuperação Elástica pelo Ductilômetro;
- ABNT NBR 15166 - Asfalto Modificado - Ensaio de Separação de Fase;
- ABNT NBR 15235 - Materiais Asfálticos - Determinação do Efeito do Calor e do Ar em uma Película Delgada Rotacional;
- ABNT NBR 15529 - Asfalto Borracha - Propriedades Reológicas de Materiais Não Newtonianos por Viscosímetro Rotacional;
- ABNT NBR 15617 – Misturas asfálticas – Determinação do dano por umidade induzida;
- ABNT NBR 16448 – Cal virgem e fluorita para aciaria – Determinação da granulometria;
- ABNT NBR 9289 – Cal hidratada para argamassas – Determinação da finura;
- AASHTO R9-97 - “Standard Recommended Practice for Acceptance Sampling Plans for Highway Construction”;
- NF P-98-216 - Norme Française “Determination de la macrotexture Partie 1-99 Determination de hauteur au sable”;
- NF P-98-253 - Norme Française “Déformation permanente des mélanges hydrocarbonés”;
- Regulamento técnico ANP nº. 19 de 11/07/2005 - Anexo 1 Regulamento Técnico nº. 3/2005;
- Resolução ANP Nº 39, de 24/12/2008;

- ET-ECS.000.000-PAV/18 - Pavimentação – Especificação técnica para determinação da irregularidade longitudinal na superfície de uma camada do pavimento pelo MERLIN.;
- ASTM E 303 - Standard Test Method for Measuring Surface Frictional Properties Using the British Pendulum Tester;
- ASTM E 965 - Standard Test Method for Measuring Pavement Macrotexture Depth Using a Volumetric Technique;
- ASTM E 1960 - Standard Practice for Calculating International Friction Index of a Pavement Surface;
- ASTM D 6307 - Standard Test Method for Asphalt Content of Asphalt Mixture by Ignition Method;
- AFNOR – Determination de la macrotexture – partie 7-determination de hauteur au sable;
- DNER-ISA 07 - Instrução de Serviço Ambiental.

4. MATERIAIS

Os materiais constituintes do concreto asfáltico modificado com adição de borracha de pneumáticos são agregados graúdos, agregado miúdo, material de enchimento (filer) e ligante asfáltico modificado com adição de borracha moída pelo processo via úmida do tipo “Terminal Blending”, os quais devem satisfazer aos requisitos apresentados nesta especificação.

4.1. Cimento Asfáltico Modificado com Adição de Borracha de Pneumáticos

O cimento asfáltico modificado com adição de borracha de pneumáticos pelo processo via úmida do tipo “Terminal Blending” deverá possuir as seguintes características:

- O teor mínimo de borracha deverá ser de 15% em peso, incorporado ao ligante asfáltico (via úmida);
- A granulometria da borracha deverá atender a seguinte faixa granulométrica:

Peneiras de Malha Quadrada		% passando, em peso
Tipo	mm	
Nº 8	2,4	-
Nº 10	2,0	100
Nº 16	1,2	65 – 100
Nº 30	0,60	20 - 100
Nº 50	0,30	0 - 45
Nº 200	0,074	0 - 5

O tempo máximo de estocagem do asfalto-borracha deve ser definido pelo fabricante. De qualquer modo, o asfalto-borracha estocado na usina deverá ser mantido constantemente aquecido, a 160°C, e mantido sob agitação ininterrupta. Para a utilização do asfalto-borracha estocado, deve-se verificar previamente se o mesmo mantém as características encontradas nos ensaios de recepção, que devem cumprir com os limites indicados no quadro apresentado anteriormente.

A mistura asfalto-borracha deverá atender as seguintes exigências:

CARACTERÍSTICA	EXIGÊNCIA		Método ABNT-NBR
	Mínima	Máxima	
Penetração. 100g, 5s, 25°C, 0,1mm	30	70	6576
Ponto de Fulgor, °C	235	-	11341
Densidade Relativa, 25°C	1,00	1,05	-
Ponto de amolecimento, °C	55	-	6560
Recuperação Elástica pelo ductilômetro, 10 cm, 25°C, %	50	-	15086
Estabilidade ao armazenamento 50g em estufa a 163°C, 2 dias; - Diferença de ponto de amolecimento, °C	-	9	15166
Envelhecimento RTFOT (ASTM D 2872):			
- Variação de massa, %	-	1,0	15235
- Percentagem da penetração original	55	-	6576
- Variação do ponto de amolecimento, °C	-	9	6560
- Recuperação elástica, % da original	100	-	15086
Viscos. Brookfield a 175 °C, spindle 3, 20 rpm, cP	1.400*	1.700*	15529
Teor de Negro de Fumo	Indicar		

*A viscosidade Brookfield poderá ser definida em função daquela medida no ligante de projeto, em função dos materiais locais e da calibração da usina. Se aceita nos fornecimentos durante a execução da mistura na obra uma variação de viscosidade de no máximo 150cP acima ou abaixo da viscosidade do ligante utilizado no projeto e na calibragem da usina.

4.2. Agregados

4.2.1. Agregado Graúdo

Os agregados para a execução do concreto asfáltico com CAP modificado com adição de borracha de pneumáticos serão obtidos através de britagem de rochas sãs encontradas na região. O agregado graúdo deve se constituir de fragmentos sãos, duráveis, livres de torrões de argila, e substâncias nocivas e apresentar as características seguintes:

- a) Desgaste Los Angeles igual ou inferior a 50% (método DNER-ME 035), entretanto poderão ser admitidos valores de desgaste maiores no caso de desempenho satisfatório em utilização anterior. Caso o agregado graúdo a ser usado apresente um índice de desgaste Los Angeles superior a 50%, poderá ser usado o método DNER-ME 401 determinação do índice de degradação de rochas após compactação Marshall, com ligante, $ID_{ml} \leq 5\%$ e sem ligante, $ID_m \leq 8\%$;
- b) Índice de forma superior a 0,5 (método DNIT 424 - ME e DNIT 425 - ME), partículas lamelares inferiores a 15% para faixas granulométricas descontínuas e de 25% para faixas granulométricas contínuas (método DAER/RS EL 108);
- c) Resistência à desintegração (durabilidade) traduzida por perdas inferiores a 12% sob ação de soluções saturadas de sulfato de sódio, ou 30% no sulfato de magnésio, determinadas após 5 ciclos, pelo método DNER – ME 089;
- d) Adesividade satisfatória ao material asfáltico que será empregado na obra, utilizando-se melhoradores de adesividade;
- e) No caso de emprego de seixos rolados britados, exige-se que 90% dos fragmentos, em peso, apresentem pelo menos uma face fragmentada pela britagem;
- f) Umidade individual da fração $\leq 2\%$, sendo que a média ponderada de todas as frações devem ser $\leq 3\%$.
- g) Preferencialmente absorção inferior a 2%. Se a absorção for superior, recomendam-se ensaios complementares (Flow Number, DUI), a serem aprovados pela Ecorodovias.

4.2.2. Agregado Miúdo

O agregado miúdo pode ser areia, pó-de-pedra ou ambos. Suas partículas individuais deverão ser resistentes, apresentar moderada angulosidade, estando livres de torrões de argila e de substâncias nocivas. Deverá apresentar:

- a) Equivalente de areia igual ou superior a 55%. (método DNER-ME 054);
- b) Impurezas orgânicas (método DNER-ME 055) inferior a 300 ppm;
- c) Umidade individual da fração $\leq 4\%$, sendo que a média ponderada de todas as frações devem ser $\leq 3\%$.
- d) É vedado o emprego de areia proveniente de depósitos em barrancos de rios.

4.2.3. Material de Enchimento (filer)

Deve atender a seguinte granulometria (método DNER-ME 083):

Peneira	% mínima, passando
N° 40	100
N° 80	95
N° 200	65

Quando da aplicação deverá estar seco e isento de grumos.

4.3. Melhorador de Adesividade

A determinação da adesividade será definida pelo método de ensaio para resistência de misturas betuminosas compactadas a danos por umidade induzida (ABNT NBR 15617). Neste caso, a razão da resistência à tração (CPs saturados / CPs secos) deverá ser superior a 0,75, como especificado pelo DNIT para misturas asfálticas.

No caso de não atendimento ao DUI, será obrigatória a utilização de Cal Hidratada CH-1 (calcítica) ou cimento para a melhoria da adesividade da mistura (no mínimo 1,5% em peso), que deverão atender os parâmetros físico-químicos conforme quadro abaixo.

Parâmetros Físico-químicos	Unidade	Cal Virgem	Cal Hidratada	Referência Normativa de Ensaio
Química				
Óxido total (CaO + MgO)t Base não volátil	%	≥ 90,0	≥ 90,0	NBR 6473
Óxido de Cálcio disponível (CaO disp)	%	≥ 80,0	≥ 65,0	NBR 6473
Hidróxido de Cálcio Ca(OH) ₂	%	-	≥ 85,0	NBR 6473
Óxido de Magnésio (MgO)	%	≤ 5,0	≤ 5,0	NBR 6473
CO ₂	%	≤ 4,0	≤ 4,0	NBR 6473
SO ₃	%	≤ 2,0	≤ 2,0	NBR 6473
Umidade	%	-	≤ 2,0	NBR 6473
Física (Granulometria)				
Material passante em peneira 0,075 mm	%	≥ 50,0	≥ 93,0	NBR 16448 (CV) NBR 9289 (CH)

4.4. Dosagem da Mistura

4.4.1. Composição Granulométrica dos Agregados

A composição granulométrica dos agregados do concreto asfáltico usinado à quente modificado com adição de borracha de pneumáticos, obtida por via úmida, deve satisfazer os requisitos dos quadros seguintes com as respectivas tolerâncias no que diz respeito à granulometria e aos percentuais do ligante asfáltico.

Outra Faixa Granulométrica que não se enquadre nas indicadas a seguir poderá ser utilizada mediante a aprovação da EcoRodovias.

PENEIRAS DE MALHA QUADRADA		% PASSANDO, EM PESO (Faixas)						
Tipo	mm	B DNIT	EGL 16-19 mm	EGL 12,5 mm	IVb (IA)	Caltrans Gap-Graded* B	Caltrans Gap-Graded* D	Gap-Graded* 4 HMA
1 ½"	38,1	100	100	100	-	-	-	-
1"	25,4	95 - 100	100	100	100	100	-	-
¾"	19,1	80 - 100	96 - 100	100	100	90 - 100	-	-
5/8"	15,9	-	90 - 100	-	-	-	100	100
1/2"	12,7	-	80 - 95	90 - 100	80 - 100	75 - 90	90 - 100	100
3/8"	9,5	45 - 80	66 - 85	80 - 95	70 - 90	60 - 75	78 - 92	95 - 100
Nº 4	4,8	28 - 60	42 - 64	40 - 60	50 - 70	25 - 40	28 - 42	42 - 55
Nº 8	2,4	-	-	-	35 - 50	15 - 25	15 - 25	19 - 32
Nº 10	2,0	20 - 45	28 - 48	25 - 40	-	-	-	-
Nº 16	1,20	-	-	-	-	-	-	16 - 22
Nº 30	0,60	-	-	-	18 - 29	5 - 15	10 - 20	10 - 18
Nº 40	0,42	10 - 32	8 - 21	10 - 20	-	-	-	-
Nº 50	0,30	-	-	-	13 - 23	4 - 13	7 - 15	8 - 13
Nº 80	0,18	8 - 20	4 - 14	5 - 15	-	-	-	-
Nº 100	0,149	-	-	-	8 - 16	3 - 10	5 - 10	6 - 10
Nº 200	0,074	3 - 8	2 - 10	2 - 10	4 - 10	2 - 7	2 - 7	4 - 7
Ligante Asfáltico (CAP+Borracha)%		4,5 – 7,5	4,5 – 7,0	4,5 – 7,0	4,5 - 7,0	5,0 - 8,0	5,0 - 8,0	5,0 - 8,0
Tipo de aplicação		Camada de Rolamento e Camada de ligação (Binder)	Camada de Rolamento e Camada de ligação (Binder)	Camada de Rolamento e Camada de ligação (Binder)	Camada de Rolamento e Camada de ligação (Binder)	Camada de Rolamento e Camada de ligação (Binder)	Camada de Rolamento	Camada de Rolamento

*Faixas Granulométricas Descontínuas utilizadas.

Uma vez estabelecida a curva granulométrica e fixado o teor de asfalto, de acordo com o método indicado, não serão admitidas na produção do concreto asfáltico variações superiores às seguintes:

PENEIRAS DE MALHAS QUADRADAS	% PASSANDO, EM PESO
38,1 mm (1 1/2") a 9,5 mm (3/8")	± 7%
4,8 mm (Nº4) a 0,42 mm (Nº40)	± 5%
0,30 mm (Nº50) a 0,149 mm (Nº100)	± 3%
0,074 mm (Nº 200)	± 2%
Teor de asfalto	± 0,3%

A faixa de trabalho, definida a partir da curva granulométrica de projeto, deve obedecer a tolerância indicada para cada peneira (conforme tabela acima), porém, respeitando os limites da faixa granulométrica adotada.

A faixa usada deve ser aquela, cujo a espessura da camada compactada seja no mínimo o dobro do diâmetro máximo do agregado.

As porcentagens de asfalto se referem à mistura de agregados, considerada como 100%. Para todos os tipos, exceção para as faixas Descontínuas ("Gap-Graded"), a fração retida entre duas peneiras consecutivas não deverá ser inferior a 4% do total.

4.4.2. Dosagem Marshall das Misturas

Deverá ser adotado o Ensaio Marshall (DNER-ME 043/95) para verificação das condições de vazios, estabilidade e fluência da mistura asfáltica, segundo os valores apresentados nas tabelas a seguir.

Discriminação	Camada de Rolamento	Camada de Rolamento Gap Graded	Camada de Ligação (Binder)
Porcentagem de vazios, %	3,0 a 5,0	4,0 a 6,0	4,0 a 6,0
Relação betume/vazios	65 a 78	65 a 78	65 a 78
Estabilidade mínima, (Kgf) 75 golpes	800	700	700
Resistência à tração por compressão diametral a 25 °C, mínima, (MPa)	0,75	0,50	0,65
Relação do material passando na peneira N° 200 e o teor de betume	0,6 a 1,6	0,6 a 1,4	0,6 a 1,4

A porcentagem mínima de vazios do agregado mineral, definidos em função do diâmetro máximo e da porcentagem de vazios, devem atender aos seguintes valores mínimos:

Tamanho máximo nominal	Vazios 3%	Vazios 4%	Vazios 5%	Vazios 6%
1½" - 37,5mm	10	11	12	13
1" - 25mm	11	12	13	14
¾" - 19mm	12	13	14	15
½" - 12,5mm	13	14	15	16
3/8" - 9,5mm	14	15	16	17
Nº4 - 4,75mm	16	17	18	19
Nº8 - 2,36mm	19	20	21	22
Nº16 - 1,18mm	21,5	22,5	23,5	24,5

Obs.- Caso os vazios da mistura projetada estejam no intervalo dos valores referenciados as porcentagens da tabela deverão ser interpoladas.

5. EQUIPAMENTOS

Os equipamentos deverão ser capazes de executar os serviços descritos nesta especificação dentro dos prazos fixados no cronograma contratual, e deverão compreender, no mínimo:

a) Depósito para ligante asfáltico;

Os depósitos para o ligante asfáltico devem possuir dispositivos capazes de aquecer o ligante nas temperaturas fixadas nesta especificação. Estes dispositivos também devem evitar qualquer superaquecimento localizado. Deve ser instalado um sistema de recirculação para o ligante asfáltico, de modo a garantir a circulação, desembaraçada e contínua, do depósito ao misturador, durante todo o período de operação. As tubulações de circulação e de injeção de asfalto modificado por borracha deverá ter diâmetro interno de pelo menos 2.1/2" facilitando a utilização de Asfaltos com viscosidades elevadas. O depósito também deve ser provido de agitadores, que deverão funcionar sem interrupção. A capacidade dos depósitos deve ser suficiente para, no mínimo, três dias de serviço.

b) Silos para agregados;

Os silos devem ter capacidade total de, no mínimo, três vezes a capacidade do misturador e ser divididos em compartimentos, dispostos de modo a separar e estocar, adequadamente, as frações apropriadas do agregado. Cada compartimento deve possuir dispositivos adequados de descarga. Deve haver um silo adequado para o filler com capacidade de 30 toneladas, conjugado com dispositivos para a sua dosagem.

c) Usina para misturas asfálticas;

A usina deve estar equipada com uma unidade classificadora de agregados, após o secador, dispor de misturador capaz de produzir uma mistura uniforme. Um termômetro, com proteção metálica e escala de 90° a 210 °C (precisão ± 1 °C), deve ser fixado no dosador de ligante ou na linha de alimentação do asfalto, em local adequado, próximo à descarga do misturador. A usina deve ser equipada além disto, com pirômetro elétrico, ou outros instrumentos termométricos aprovados, colocados na descarga do secador, com dispositivos para registrar

a temperatura dos agregados, com precisão de ± 5 °C. A usina deve possuir termômetros nos silos quentes.

Pode, também, ser utilizada uma usina do tipo tambor/secador/misturador, de duas zonas (convecção e radiação), provida de: coletor de pó, alimentador de “filler”, sistema de descarga da mistura asfáltica, por intermédio de transportador de correia com comporta do tipo “clam-shell” ou alternativamente, em silos de estocagem.

A usina deve possuir silos de agregados múltiplos, com pesagem dinâmica e deve ser assegurada a homogeneidade das granulometrias dos diferentes agregados.

A usina deve possuir ainda uma cabine de comando e quadros de força. Tais partes devem estar instaladas em recinto fechado, com os cabos de força e comandos ligados em tomadas externas especiais para esta aplicação. A operação de pesagem de agregados e do ligante asfáltico deve ser semi-automática com leitura instantânea e acumuladora, por meio de registros digitais em “display” de cristal líquido. Devem existir potenciômetros para compensação das massas específicas dos diferentes tipos de ligantes asfálticos e para seleção de velocidade dos alimentadores dos agregados frios.

d) Caminhões basculantes para transporte da mistura;

Os caminhões, tipo basculante, para o transporte do concreto asfáltico usinado a quente, devem ter caçambas metálicas robustas, limpas e lisas, ligeiramente lubrificadas com água e sabão, óleo cru fino, óleo parafínico, ou solução de cal, de modo a evitar a aderência da mistura à chapa. A utilização de produtos susceptíveis de dissolver o ligante asfáltico (óleo diesel, gasolina etc.) não é permitida.

e) Equipamento para espalhamento e acabamento;

O equipamento para espalhamento e acabamento deve ser constituído de pavimentadoras automotrizes, capazes de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, cotas e abaulamento definidos no projeto. As acabadoras devem ser equipadas com parafusos sem fim, para colocar a mistura exatamente nas faixas, e possuir dispositivos rápidos e eficientes de direção, além de marchas para a frente e para trás. As acabadoras devem ser equipadas com alisadores e dispositivos para aquecimento, à temperatura requerida, para a colocação da mistura sem irregularidade.

f) Equipamento para compactação;

O equipamento para a compactação deve ser constituído por rolo pneumático e rolo metálico liso, tipo tandem ou rolo vibratório. Os rolos pneumáticos, autopropulsionados, devem ser dotados de dispositivos que permitam a calibragem de variação da pressão dos pneus de 2,5 kgf/cm² a 8,4 kgf/cm². O equipamento em operação deve ser suficiente para compactar a mistura na densidade de projeto, enquanto está se encontrar em condições de trabalhabilidade.

NOTA: Todo equipamento a ser utilizado deve ser vistoriado antes do início da execução do serviço de modo a garantir condições apropriadas de operação, sem o que, não será autorizada a sua utilização.

6. EXECUÇÃO

6.1. Condições Gerais

Sendo decorridos mais de sete dias entre a execução da imprimação e a do revestimento, ou no caso de ter havido trânsito sobre a superfície imprimada, ou, ainda ter sido a imprimação recoberta com areia, pó-de-pedra, etc., deverá ser feita uma pintura de ligação.

6.2. Produção do Concreto Asfáltico Modificado com Adição de Borracha de Pneumáticos

A mistura asfáltica deverá ser produzida em usinas com capacidade de produção suficiente para execução das camadas asfálticas no prazo previsto no cronograma físico das obras.

A temperatura de aquecimento do ligante asfáltico modificado com borracha, deve estar compreendida entre 170 e 180°C.

Os agregados devem ser aquecidos a temperaturas entre 10 e 15°C acima da temperatura do ligante asfáltico.

A usinagem do concreto asfáltico deve ser realizada entre 165 e 180°C.

6.3. Transporte da Mistura

Todo veículo transportador que, por deficiência de sua sustentação ou qualquer outra causa, provoque excessiva segregação da mistura ou constantes atrasos nas viagens por defeitos mecânicos deverá ser retirado do serviço, até que sejam completamente sanados os defeitos que apresentem.

Todos os carregamentos de mistura deverão ser cobertos com lona impermeável, de modo a reduzir a perda de calor e evitar a formação de crosta na parte superior da carga transportada. Não será tolerada redução de temperatura da mistura superior a 10 °C no seu transporte entre a usina e o local de aplicação.

6.4. Distribuição, Acabamento e Compactação

Depois de feita a pintura de ligação, a mistura será distribuída com a acabadora. Deverá a acabadora operar independentemente do veículo que estiver descarregando. Enquanto durar a descarga, o veículo transportador deverá ficar em contato permanente com a acabadora, sem que sejam usados freios para manter tal contato.

A vibro-acabadora deverá deslocar-se dentro do intervalo de velocidade indicado por seu fabricante, que permita a distribuição da mistura de maneira contínua e uniforme, reduzindo-se ao mínimo o número e o tempo das paradas.

A temperatura recomendável para compactação da mistura será definida em função da curva de viscosidade x temperatura.

O trabalho manual atrás da vibro-acabadora deverá ser reduzido ao mínimo.

Logo após a distribuição da mistura asfáltica na pista, será iniciada a sua compactação.

Para as faixas contínuas a rolagem será iniciada com o rolo de pneus com baixa pressão a qual será aumentada à medida que a mistura for sendo compactada e, conseqüentemente, suportando pressões mais elevadas. O acabamento final da superfície será feito com os rolos tipo tandem vibratório.

Para as faixas descontínuas ("Gap-Graded") a rolagem deverá ser com rolos lisos pesados entre 10t a 12t.

A compactação nos trechos em tangente será iniciada nas bordas e prosseguirá para o centro da pista, tomando-se o cuidado de fazer com que os rolos percorram trajetórias paralelas à linha base (eixo). Essas trajetórias serão distanciadas entre si de tal forma que, em cada

passada, seja recoberta metade da faixa coberta na passada imediatamente anterior. Para evitar que os rolos retornem sempre da mesma seção transversal, as passadas sucessivas de cada um deles terão comprimentos diferentes. Nos trechos em curva, havendo sobre-elevação, a compactação progredirá da borda mais baixa para a mais alta, com percursos análogos aos descritos para os trechos em tangente.

No caso da execução de capa asfáltica sobre pontes e viadutos, não se deverá usar vibração na compactação. A compactação nos trechos em tangente será iniciada nas bordas e prosseguirá para o centro da pista, tomando-se o cuidado de fazer com que os rolos percorram trajetórias paralelas à linha base (eixo). Essas trajetórias serão distanciadas entre si de tal forma que, em cada passada, seja recoberta metade da faixa coberta na passada imediatamente anterior. Para evitar que os rolos retornem sempre da mesma seção transversal, as passadas sucessivas de cada um deles terão comprimentos diferentes. Nos trechos em curva, havendo superelevação, a compactação progredirá da borda mais baixa para a mais alta, com percursos análogos aos descritos para os trechos em tangente.

As passadas serão realizadas sucessivamente em marcha à frente e em marcha à ré, não sendo permitida a manobra dos rolos sobre a camada que está compactada.

As rodas dos rolos deverão ser molhadas com quantidade de água apenas suficiente para evitar a sua adesão ao ligante utilizado na mistura.

A compactação deve prosseguir, sem interrupção, até que se obtenha, na camada, o grau de compactação fixado no projeto.

Não será permitida a correção de defeitos, mediante aplicação de quantidades adicionais de mistura à camada acabada. As correções, quando necessárias, serão executadas mediante remoção da parte defeituosa, em toda a espessura da camada, em área retangular ou quadrada, de lados paralelos e normais ao eixo da pista, abrangendo a totalidade do defeito, e substituição por mistura fresca, à temperatura adequada de aplicação, a qual será compactada até que adquira massa específica aparente igual à do material adjacente com o qual deverá ficar intimamente ligada, de forma que o serviço acabado não tenha aspecto de remendo.

6.5. Proteção das Camadas

Durante todo o tempo necessário à execução das camadas previstas no projeto e até o seu recebimento, os materiais e os serviços concluídos ou em execução deverão ser protegidos

contra a ação destrutiva das águas pluviais, do trânsito e de outros agentes que possam sujá-los ou danificá-los.

6.6. Abertura ao Trânsito

O tráfego pode ser liberado quando a temperatura do pavimento for menor que 60°C.

7. MANEJO AMBIENTAL

Para execução do revestimento do tipo concreto asfáltico modificado por borracha são necessários trabalhos envolvendo a utilização de asfalto e agregados, além da instalação de usina misturadora.

Os cuidados a serem observados para fins de preservação do meio ambiente envolvem a produção e aplicação de agregados, o estoque e operação da usina.

7.1. Agregados

No decorrer do processo de obtenção de agregados de pedreiras devem ser considerados os seguintes cuidados principais:

- a) Brita e areia somente serão aceitas após apresentação da licença ambiental de operação da pedreira/areal cuja cópia da licença deverá ser arquivada junto ao Livro de Ocorrências da obra;
- b) Evitar a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação ambiental;
- c) Planejar adequadamente a exploração da pedreira de modo minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e possibilitar a recuperação ambiental após a retirada de todos os materiais e equipamentos;
- d) Impedir queimadas como forma de desmatamento.
- e) Construir, junto às instalações de britagem, bacias de sedimentação para retenção do pó de pedra eventualmente produzido em excesso ou por lavagem da brita, evitando carreamento para cursos d'água;
- f) Exigir a documentação atestando a regularidade das instalações pedreira/areal/usina, assim como sua operação, junto ao órgão ambiental componente, caso estes materiais sejam fornecidos por terceiros.

7.2. Ligantes asfálticos

As operações em usinas asfálticas a quente englobam:

- a) Instalar os depósitos em locais afastados de cursos d'água;
- b) Vedar o refugo de materiais usados à beira da estrada e em outros locais onde possam causar prejuízos ambientais;
- c) Recuperar a área afetada pelas operações de construção/execução, mediante a remoção da usina e dos depósitos e a limpeza de canteiro de obras;
- d) Estocagem, dosagem, peneiramento e transporte de agregados frios;
- e) Transporte, peneiramento, estocagem e pesagem de agregados quentes;
- f) Transporte e estocagem de filer;
- g) Transporte, estocagem e aquecimento de óleo combustível e cimento asfáltico.

7.3. Quanto à Instalação

- a) Impedir a instalação de usinas de asfalto a quente a uma distância inferior a 200 m (duzentos metros), medidos a partir da base da chaminé, de residências, hospitais, clínicas, centros de reabilitação, escolas, asilos, orfanatos, creches, clubes esportivos, parques de diversões e outras construções comunitárias;
- b) Definir no projeto executivo, áreas para as instalações industriais, de maneira tal, que se consiga o mínimo de agressão ao meio ambiente;
- c) Atribuir à Executante responsabilidade pela obtenção da licença de instalação/operação, assim como, manter a usina em condições de funcionamento dentro do prescrito nestas especificações.

AGENTE POLUIDOR	FONTES POLUIDORAS
I. Emissão de Partículas	A principal fonte é o secador rotativo. Outras fontes são: peneiramento, transferência e manuseio de agregados, balança, pilhas de estocagem e tráfego de veículos e vias de acesso.
II. Emissão de Gases	Combustão do óleo: óxido de enxofre, óxido de nitrogênio, monóxido de carbono e hidrocarbonetos. Misturador de asfalto: hidrocarbonetos. Aquecimento de Cimento Asfáltico: hidrocarbonetos. Tanques de estocagem de óleo combustível e de cimento asfáltico: hidrocarbonetos.
III. Emissões Fugitivas	As principais fontes são as pilhas de estocagem ao ar livre, carregamento dos silos frios, vias de tráfego, área de peneiramento, pesagem e mistura.
OBS: Emissões Fugitivas	São quaisquer lançamentos ao ambiente, sem passar primeiro por alguma chaminé ou duto projetados para corrigir ou controlar o seu fluxo.

7.4. Operação

- a) Instalar sistemas de controle de poluição do ar construídos por ciclone e filtro de mangas ou equipamentos que atendam aos padrões estabelecidos nas legislações vigentes;
- b) Apresentar junto com o projeto para obtenção de licença, resultados de medições em chaminés, que comprovem a capacidade do equipamento de controle proposto para atender aos padrões estabelecidos;
- c) Dotar os silos de estocagem de agregados frios de proteções laterais e cobertura, para evitar a dispersão das emissões fugitivas durante a operação de carregamento;
- d) Enclausurar a correia transportadora de agregados frios;
- e) Adotar procedimentos de forma que a alimentação do secador seja feita sem emissão visível para atmosfera;
- f) Manter pressão negativa no secador rotativo, enquanto a usina estiver em operação, para que sejam evitadas emissões de partículas na entrada e saída do mesmo;
- g) Dotar o misturador, os silos de agregados quentes e as peneiras classificatórias do sistema de exaustão de conexão ao sistema de controle de poluição do ar, para evitar emissões de vapores e partículas para a atmosfera;
- h) Fechar os silos de estocagem de massa asfáltica;
- i) Pavimentar e manter limpas as vias de acesso internas, de tal modo que as emissões provenientes do tráfego de veículos não ultrapassem 20% de opacidade;
- j) Dotar os silos de estocagem de filler de sistema próprio de filtragem a seco;
- k) Adotar procedimentos operacionais que evitem a emissão de partículas provenientes dos sistemas de limpeza dos filtros de mangas e de reciclagem do pó retido nas mangas;
- l) Acionar os sistemas de controle de poluição do ar antes dos equipamentos do processo;
- m) Manter em boas condições de operação todos os equipamentos de processo e de controle;
- n) Dotar as chaminés de instalações adequadas para realização de medições;
- o) Substituir o óleo combustível por outra fonte de energia menos poluidora (gás ou eletricidade) e estabelecimentos de barreiras vegetais no local, sempre que possível.

8. CONTROLE DE QUALIDADE

O controle de qualidade será de responsabilidade do executante estando sujeito à auditoria por parte da EcoRodovias.

8.1. Controle de Qualidade dos Materiais

Todos os materiais deverão ser examinados em laboratório, obedecendo às metodologias indicadas nesta especificação.

8.1.1. Ligante asfáltico (Asfalto Borracha)

O controle de qualidade do ligante asfáltico constará no mínimo do seguinte:

- a) Para todo carregamento que chegar à obra deve-se fazer:
 - 1 ensaio de penetração a 25°C (ABNT NBR 6576);
 - 1 ensaio de ponto de fulgor (ABNT NBR 11341);
 - 1 ensaio de ponto de amolecimento (ABNT NBR 6560);
 - 1 ensaio de viscosidade Brookfield (ABNT NBR 15529);
 - 1 ensaio de recuperação elástica pelo ductilômetro (ABNT NBR 15086);
 - 1 ensaio de espuma;
- b) Fazer 1 ensaio de estabilidade ao armazenamento (ABNT NBR 15166) a cada 10 carregamentos ou 1 por semana, o que ocorrer primeiro, e sempre antes da utilização do material quanto estiver por um período mínimo de 15 dias armazenado.
- c) Para cada 100 ton, fazer 1 ensaio de envelhecimento do ligante no RTFOT para determinação de variação de massa, penetração, ponto de amolecimento, recuperação elástica e IST.
- d) Para cada 100 ton, fazer 1 ensaio de determinação de Curva viscosidade x temperatura.
- e) Fazer 1 ensaio de adesividade do CAP ao agregado graúdo (métodos DNER-ME 078, DNER-ME 079), para cada 10.000 m³ de mistura produzida.

8.1.2. Massa Asfáltica (Asfalto Borracha)

- Fazer 1 ensaio de Danos por Umidade Induzida no início dos serviços e repetir 1 vez a cada 3 meses, o que ocorrer primeiro, ou sempre que houver alteração dos agregados (Métodos NBR 15617).
- Fazer 1 ensaio de teor umidade no início dos serviços e repetir semanalmente, secando a amostra em estufa até constância de peso. A amostra deverá ser pesada imediatamente após coletada na usina com auxílio de balança equipada com pilhas ou baterias, afim de se evitar perda de umidade. A pesagem após secagem deverá ser realizada na mesma balança.

- Fazer 1 ensaio de determinação do teor de CAP contido no agregado graúdo no início dos serviços e repetir semanalmente:

a) Mistura com diâmetro nominal $\geq 19,1\text{mm}$:

Agregado passando na peneira #19,1mm e retido na peneira #12,7mm, o teor deverá estar acima de 2,5%.

b) Mistura com diâmetro nominal $< 19,1\text{mm}$:

Agregado passando na peneira #15,8mm e retido na peneira #9,5mm, o teor deverá estar acima de 2,5%.

8.1.3. Agregados

O controle de qualidade dos agregados constará no mínimo do seguinte:

- a) 1 ensaio de granulometria do agregado, por carreta (método DNER-ME 083);
- b) 2 ensaios de granulometria do agregado, de cada silo, por jornada de 8 horas de trabalho (método DNER-ME 083);
- c) 01 ensaio de equivalente de areia do agregado miúdo por jornada de 8 horas de trabalho (método DNER-ME 054);
- d) 01 ensaio de desgaste Los Angeles por semestre e/ou quando houver dúvida ou variação do material (método DNER-ME 035);
- e) 01 ensaio de determinação do índice de degradação de rochas com ligante ID_{ml} e sem ligante ID_m por semestre e/ou quando houver dúvida ou variação do material (método DNER-ME 401);
- f) 01 ensaio de índice de forma por semestre e/ou quando houver dúvida ou variação do material (método DNIT 424 - ME e DNIT 425 - ME);
- g) 01 ensaio de Lamelaridade por semestre e/ou quando houver dúvida ou variação do material (método DAER/RS EL 108);
- h) 01 ensaio de granulometria do material de enchimento (filer) por jornada de 8 horas de trabalho (método DNER-ME 083);
- i) 01 ensaio de Ensaio de resistência à desintegração (durabilidade) por semestre e/ou quando houver dúvida ou variação do material (método DNER-ME 089);
- j) 01 ensaio de Impurezas orgânicas por semestre e/ou quando houver dúvida ou variação do material (método DNER-ME 055);
- k) 01 ensaio de Umidade por semana;

- l) 01 ensaio de Determinação de densidade real agregado miúdo por semestre e/ou quando houver dúvida ou variação do material (método DNER-ME 084);
- m) 01 ensaio de Determinação da absorção e da densidade de agregado graúdo por semestre e/ou quando houver dúvida ou variação do material (método DNER-ME 081).

8.2. Controle da usinagem e execução do concreto asfáltico

O controle da execução será exercido através de coleta de amostras, ensaios e determinações feitas de maneira aleatória.

8.2.1. Controle de execução da Usina

8.2.1.1. Controle da Quantidade de Ligante e da Graduação na Mistura

Deverá ser efetuada extração de asfalto (métodos DNER-ME 053, ASTM D6307 ou DNIT 158 ME) e ensaio de granulometria (método DNER-ME 083 ou DNIT 412 - ME), de amostras da mistura coletada antes da saída do primeiro carregamento na usina, que só será liberado após resultados dos ensaios.

Após liberação, devem ser efetuadas extrações de asfalto e ensaios de granulometria com no mínimo mais 1 ensaio por jornada de 8 horas de trabalho. Este processo deve ser realizado a cada mudança de faixa.

O teor de asfalto obtido deverá ser corrigido pela divisão dele por “k” determinado a partir do teor de Negro de Fumo (NF):

$$k = 1 - \frac{NF}{100}$$

Se o teor for determinado pela mufla não haverá necessidade de correção pelo fator “k”. O resultado obtido em porcentagem será multiplicado a um fator de correção, definido com CAP borracha para utilização da mufla.

A porcentagem de ligante poderá variar, no máximo, $\pm 0,3\%$, da taxa fixada na dosagem Marshall e a curva granulométrica deve enquadrar-se dentro das tolerâncias especificadas na dosagem.

8.2.1.2. Controle das Características da Mistura

Devem ser realizados ensaios Marshall (DNER-ME 043) em 3 (três) corpos-de-prova por jornada de 8 horas de trabalho.

Deve ser realizado 1 ensaio de Determinação da compressão diametral (ABNT NBR 15087) através de 3 (três) corpos-de-prova por jornada de 8 horas de trabalho.

8.2.1.3. Controle de Temperatura

Deverão ser efetuadas no mínimo 8 medidas de temperatura durante a jornada de 8 horas de trabalho, em cada um dos itens abaixo discriminados:

- Do ligante, na usina;
- Do agregado, no Silo quente;
- Da mistura, em cada caminhão, na usina, no momento, da saída do misturador;

As temperaturas devem apresentar valores de $\pm 5^{\circ}$ C das temperaturas especificadas.

8.2.2. Controle de execução em pista

8.2.2.1. Controle da Quantidade de Ligante e da Graduação na Mistura

Deverá ser efetuada extração de asfalto (métodos DNER-ME 053, ASTM D6307 ou DNIT 158 ME) e ensaio de granulometria (método DNER-ME 083 ou DNIT 412 - ME), de amostras da mistura coletada na pista com pá de bico quadrado, imediatamente após a passagem da acabadora e antes de iniciar a compactação, com no mínimo 1 ensaio por jornada de 8 horas de trabalho por usina. O teor de asfalto obtido deverá ser corrigido pela divisão dele por “k” determinado a partir do teor de Negro de Fumo (NF):

$$k = 1 - \frac{NF}{100}$$

Se o teor for determinado pela mufla não haverá necessidade de correção pelo fator “k”. O resultado obtido em porcentagem será multiplicado a um fator de correção, definido com CAP borracha para utilização da mufla.

A porcentagem de ligante poderá variar, no máximo, $\pm 0,3\%$, da taxa fixada na dosagem Marshall e a curva granulométrica deve enquadrar-se dentro das tolerâncias especificadas na dosagem.

8.2.2.2. Controle de Temperatura

Deverão ser efetuadas no mínimo 8 medidas de temperatura durante a jornada de 8 horas de trabalho, em cada um dos itens abaixo discriminados:

- Da mistura, em cada caminhão, na pista, antes da descarga da massa;

- Da mistura, na pista, durante o espalhamento da massa, imediatamente antes de iniciada a compressão.

As temperaturas devem apresentar valores de $\pm 5^{\circ}$ C das temperaturas especificadas.

8.2.2.3. Controle de Grau de Compactação - GC

O controle do grau de compactação – GC da mistura asfáltica deverá ser feito medindo-se a densidade aparente (método ME-ECS.000.000-PAV/01) de corpos-de-prova, extraídos da mistura espalhada e comprimida na pista, por meio de sondas rotativas.

Devem ser realizadas determinações para cada 500 m de faixa executada, em locais escolhidos aleatoriamente próximos ao eixo da Faixa, ou no mínimo 1 ensaio por jornada de trabalho de 8 horas.

Além desta amostragem, será de responsabilidade da executante fornecer corpos de prova adicionais, nas quantidades e locais determinados pela Concessionária.

Não serão aceitos serviços com grau de compressão inferior a 97% ou superior a 101%, em relação à massa específica e aparente máxima do projeto.

Poderão ser empregados outros métodos para determinação da densidade aparente na pista, desde que aceita pelo corpo técnico da Ecorodovias.

O controle do grau compactação não poderá ser feito medindo-se as densidades aparentes dos corpos de provas extraídos da pista e comparando-se com as densidades aparentes de corpos-de-prova moldados no local. Também não será permitido o uso de anéis de aço para obtenção de amostras, que, obrigatoriamente, serão obtidos com sondas rotativas.

8.3. Controle Geométrico

8.3.1. Espessura da Camada

Será medida a espessura por ocasião da extração dos corpos-de-prova na pista, ou pelo nivelamento, do eixo e dos bordos, antes e depois do espalhamento e compressão da mistura. Admite-se a variação de $\pm 5\%$ em relação às espessuras do projeto.

8.3.2. Alinhamentos

A verificação do eixo e bordos deverá ser feita durante os trabalhos de locação e nivelamento nas diversas seções correspondentes às estacas da locação. Poderá também ser feita a trena. Os desvios verificados não deverão exceder ± 5 cm.

8.4. Demais controles

8.4.1. Controle das Condições de Conforto

O acabamento longitudinal da superfície do revestimento (camada de rolamento) deverá ser verificado antes da abertura ao tráfego através do aparelho MERLIN e para grandes extensões por aparelho medidor de irregularidade tipo perfilômetro a laser ou outro dispositivo equivalente para esta finalidade. As medições deverão ser feitas em todas as faixas de tráfego, com medidas a cada 200 m.

Na utilização do Merlin o ensaio deverá ser realizado a partir de extensão mínima de 50 m, devendo iniciar leituras 2 m antes e terminar 2 m depois do pano.

Os valores admitidos para a execução deverão apresentar-se inferiores a 25 contagens/km (QI) ou 1,92 m/km (IRI).

8.4.2. Controle das Condições de Segurança

O revestimento acabado (camada de rolamento) deverá apresentar VRD (Valor de Resistência a Derrapagem), medido com auxílio do Pêndulo Britânico (Norma ASTM E 303), ou outros equipamentos similares, como Mu-Meter, Grip Tester ou Scrim contanto que devidamente aprovado pela EcoRodovias.

A avaliação da macrotextura da camada de rolamento deverá ser executada pelo ensaio de “mancha de areia” (ABNT NBR 16504).

Ambos os ensaios (VRD e Mancha de areia) deverão ser realizados no mesmo ponto a cada 1 km de faixa. Os ensaios deverão serem realizados alternando-se entre os bordos (direito e esquerdo) e o eixo.

Adicionalmente, a critério da Ecorodovias, poderá ser solicitada a determinação do “International Friction Index” - IFI (Norma ASTM E 1960-2001).

Os valores de VRD (Valor de resistência à Derrapagem), de Altura de areia (HS) e de *International Friction Index* (IFI) devem atender aos seguintes limites:

- a) Macrotextura: $0,6\text{mm} \leq \text{HS (altura da manda de areia)} \leq 1,2\text{mm}$.
- b) Microtextura: VRD (valor de resistência a derrapagem) de acordo com contrato de Concessão.
- c) $\text{IFI} \geq 0,22$ para obras rodoviárias novas e $\text{IFI} \geq 0,15$ para pavimentos restaurados.

8.5. Critério de Aplicação de Fator de Pagamento

- Se a contratada usinar e realizar a aplicação da mistura asfáltica, o critério será aplicado para os seguintes parâmetros de controle:

- Granulometria;
- Teor de Betume;
- Grau de Compactação;
- Condição de conforto (IRI);
- Condição de segurança;

- Se a contratada somente usinar a mistura asfáltica, o critério será aplicado para os seguintes parâmetros de controle:

- Granulometria;
- Teor de Betume.

- Se a contratada realizar somente a aplicação da mistura asfáltica, o critério será aplicado para os seguintes parâmetros de controle:

- Grau de Compactação;
- Condição de conforto;

O Fator de Pagamento incidirá sobre os serviços necessários e contratados para a execução da camada de concreto asfáltico que está em processo de avaliação para recebimento: item “usinagem” e item “aplicação” (se forem itens separados) ou simplesmente no item “Usinagem e Aplicação” (se for item único), conforme Contrato.

Fica esclarecido que o fator de pagamento somente incidirá sobre os dois itens expressamente descritos como: "usinagem" ou "aplicação", não sendo aplicável a outros itens de planilha de serviços auxiliares e complementares. Nos casos onde os itens de planilha de serviços auxiliares e complementares estiverem inclusos, em contrato, dentro de um destes serviços: "usinagem" ou "aplicação", deverá incidir o fator de pagamento sobre o item completo.

Também será de responsabilidade da contratada na aplicação da mistura asfáltica, a extração de corpo de prova e a coleta de amostras da mistura em pista, conforme itens 8.2.2.1 e 8.2.2.3. As amostras deverão ser entregues ao contratante ou local por este indicado.

Os resultados do controle dos parâmetros citados devem ser analisados por grupo de ensaios através da Análise de Nível de Qualidade, que determina a proporção do lote que está fora dos limites da especificação.

A análise do Nível de Qualidade é um procedimento estatístico para estimar a variação que estes elementos fora de especificação podem causar na média e no desvio padrão da amostra, permitindo definir um risco aceitável para esta variação em cada um dos parâmetros envolvidos.

Serão aplicados fatores de pagamento (penalização) em função do nível de risco encontrado na amostra, variando de 0,90 a 1,00. O valor limite inferior (0,90) representa o máximo risco permissível e abaixo do qual todo o lote deve ser rejeitado.

Se os valores dos resultados dos ensaios estiverem dentro das faixas de aceitação, porém dispersos, deverá ser aplicado o Fator de Pagamento. Caso haja valores dos resultados dos ensaios fora da faixa de aceitação (conforme item 4.4.1), o lote deverá ser rejeitado.

O procedimento de Análise do Nível de Qualidade deve seguir os seguintes passos, para cada parâmetro analisado e de acordo com a planilha modelo no Anexo I:

a) Determinação da Média Aritmética dos resultados dos ensaios.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} Xi}{n}$$

Onde:

Σ = somatória

X_i = valor individual do ensaio

n = número total de amostras;

b) Cálculo do Desvio – padrão

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (Xi - \bar{X})^2}{(n - 1)}}$$

c) Cálculo do Índice de Qualidade Inferior

$$Qi = \frac{\bar{X} - LIE}{\sigma}$$

Onde: LIE é o limite inferior da especificação;

d) Determinação do Ps (porcentagem da amostra que corresponde a um dado Qs) na Tabela 1. Note que, se o LSE não é especificado, Ps=100;

e) f) Determinação do Pi (porcentagem da amostra que corresponde a um dado Qi) na Tabela 1. Note que, se o LIE não é especificado, Pi=100;

f) Determinação da Nível de Qualidade Requerido (NQR)

$$\text{NQR} = (\text{Ps} + \text{Pi}) - 100;$$

g) Usando o NQR, determinar o fator de pagamento pela Tabela 2.

Para efeito de pagamento utilizar-se-á o menor fator dentre os parâmetros analisados. Para o caso da granulometria, o fator NQR a ser considerado será o valor médio obtido da análise das diversas peneiras.

TABELA 1

DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE QUALIDADE PELO MÉTODO DO DESVIO PADRÃO															
PS ou PI	Índice de Qualidade Superior Qs e Índice de Qualidade Inferior Qi para n° de Amostras n														
	n 3	n 4	n 5	n 6	n 7	n 8	n 9	n 10 a n 11	n 12 a n 14	n 15 a n 18	n 19 a n 25	n 26 a n 37	n 38 a n 60	n 61 a n 200	n 201 a n
100	1,16	1,50	1,79	2,04	2,23	2,39	2,53	2,65	2,83	3,03	3,20	3,38	3,54	3,70	3,83
99		1,47	1,67	1,80	1,89	1,95	2,00	2,04	2,09	2,14	2,18	2,22	2,26	2,29	2,31
98	1,15	1,41	1,60	1,70	1,76	1,81	1,84	1,86	1,91	1,93	1,96	1,99	2,01	2,03	2,05
97		1,41	1,54	1,62	1,67	1,70	1,72	1,74	1,77	1,79	1,81	1,83	1,85	1,86	1,87
96	1,14	1,38	1,49	1,55	1,59	1,61	1,63	1,65	1,67	1,68	1,70	1,71	1,73	1,74	1,75
95		1,35	1,44	1,49	1,52	1,51	1,55	1,56	1,58	1,59	1,61	1,62	1,63	1,63	1,64
94	1,13	1,32	1,39	1,43	1,46	1,47	1,48	1,49	1,50	1,51	1,52	1,53	1,54	1,55	1,55
93		1,29	1,35	1,38	1,40	1,41	1,42	1,43	1,41	1,44	1,45	1,46	1,46	1,47	1,47
92	1,12	1,26	1,31	1,33	1,35	1,36	1,36	1,37	1,37	1,38	1,39	1,39	1,40	1,40	1,40
91	1,11	1,23	1,27	1,29	1,30	1,30	1,31	1,31	1,32	1,32	1,33	1,33	1,33	1,34	1,34
90	1,10	1,20	1,23	1,24	1,25	1,25	1,26	1,26	1,26	1,27	1,27	1,27	1,28	1,28	1,28
89	1,09	1,17	1,19	1,20	1,20	1,21	1,21	1,21	1,21	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,23
88	1,07	1,14	1,15	1,16	1,16	1,16	1,16	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17
87	1,06	1,11	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,13	1,13
86	1,04	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08
85	1,03	1,05	1,05	1,04	1,04	1,04	1,04	1,01	1,04	1,01	1,01	1,04	1,04	1,04	1,01
84	1,01	1,02	1,01	1,01	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99
83	1,00	0,99	0,98	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,95	0,95	0,95
82	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,93	0,93	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
81	0,96	0,93	0,91	0,90	0,90	0,89	0,89	0,89	0,89	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
80	0,94	0,90	0,88	0,87	0,86	0,86	0,86	0,85	0,85	0,85	0,85	0,84	0,84	0,84	0,84
79	0,91	0,87	0,85	0,84	0,84	0,82	0,82	0,82	0,82	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
78	0,89	0,84	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,79	0,78	0,78	0,78	0,78	0,77	0,77	0,77
77	0,87	0,81	0,78	0,77	0,76	0,76	0,76	0,75	0,75	0,75	0,75	0,74	0,74	0,74	0,74
76	0,84	0,78	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72	0,72	0,72	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
75	0,82	0,75	0,72	0,71	0,70	0,70	0,69	0,69	0,69	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,67
74	0,79	0,72	0,69	0,68	0,67	0,66	0,66	0,68	0,66	0,65	0,65	0,65	0,65	0,64	0,64
73	0,76	0,69	0,66	0,65	0,64	0,63	0,63	0,63	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,61	0,61
72	0,74	0,66	0,63	0,62	0,61	0,60	0,60	0,60	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,58	0,58
71	0,71	0,63	0,60	0,59	0,58	0,57	0,57	0,57	0,57	0,56	0,56	0,56	0,56	0,55	0,55
70	0,68	0,60	0,57	0,56	0,55	0,55	0,54	0,54	0,54	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,52
69	0,65	0,57	0,54	0,53	0,52	0,52	0,51	0,51	0,51	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
68	0,62	0,54	0,51	0,50	0,49	0,49	0,48	0,48	0,48	0,48	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
67	0,59	0,51	0,47	0,47	0,46	0,46	0,46	0,45	0,45	0,45	0,45	0,44	0,44	0,44	0,44
66	0,56	0,48	0,45	0,44	0,44	0,43	0,43	0,43	0,42	0,42	0,42	0,42	0,41	0,41	0,41
65	0,52	0,45	0,43	0,41	0,41	0,40	0,40	0,40	0,40	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
64	0,49	0,42	0,40	0,39	0,38	0,38	0,37	0,37	0,37	0,37	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
63	0,46	0,39	0,37	0,36	0,35	0,35	0,35	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,33	0,33	0,33
62	0,44	0,36	0,34	0,33	0,32	0,32	0,32	0,32	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
61	0,39	0,33	0,31	0,30	0,30	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
60	0,36	0,30	0,28	0,27	0,27	0,27	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,25	0,25
59	0,32	0,27	0,25	0,25	0,24	0,24	0,24	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,24
58	0,29	0,24	0,23	0,22	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
57	0,25	0,21	0,20	0,19	0,19	0,19	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
56	0,22	0,18	0,17	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
55	0,18	0,15	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
54	0,14	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
53	0,11	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
52	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
51	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02
50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Obs.: Para valores de Qs ou Qi negativos, considerar Ps ou Pi igual a 100 menos o valor de Ps ou Pi correspondente ao valor absoluto de Qs ou Qi.

Quando o valor obtido pelo cálculo do tratamento estatístico encontrar-se de forma intermediária entre o Ps e Pi, adotar o valor superior na tabela.

Tabela 2

Fator de Pagamento	Nível de Qualidade Requerido para nº de Amostras n														
	n 3	n 4	n 5	n 6	n 7	n 8	n 9	n 10 a n 11	n 12 a n 14	n 15 a n 18	n 19 a n 25	n 26 A n 37	n 38 a n 60	n 61 a n 200	n 201 a n
1,000	71	77	80	82	84	85	85	86	87	88	89	90	91	93	94
0,996	68	74	78	80	81	82	83	84	85	86	87	89	90	91	93
0,992	66	72	75	77	79	80	81	82	83	85	86	87	88	90	92
0,988	64	70	73	75	77	78	79	80	81	83	84	85	87	88	90
0,984	62	68	71	74	75	77	78	78	80	81	81	84	85	87	89
0,980	60	66	69	72	73	75	76	77	78	80	81	83	84	86	88
0,976	59	64	68	70	72	73	74	75	77	78	80	81	83	85	87
0,972	57	63	66	68	70	72	73	74	75	77	78	80	81	83	86
0,968	56	61	65	67	69	70	71	72	74	75	77	78	80	82	84
0,964	55	60	63	65	67	69	70	71	72	74	75	77	79	81	83
0,960	53	58	62	64	66	67	68	69	71	73	74	76	78	80	82
0,956	52	57	60	63	64	66	67	68	70	71	73	75	76	79	81
0,952	51	55	59	61	63	64	66	67	68	70	72	73	75	77	80
0,948	50	54	57	60	62	63	64	65	67	69	70	72	74	76	79
0,944	48	53	56	58	60	62	63	64	66	67	69	71	73	75	78
0,940	47	51	55	57	59	60	62	63	64	66	68	70	72	74	77
0,936	46	50	53	56	58	59	60	61	63	65	67	69	71	73	76
0,932	45	49	52	55	56	58	59	60	62	64	65	67	69	72	75
0,928	44	48	51	53	55	57	58	59	61	63	64	66	68	71	74
0,924	42	46	50	52	54	55	57	58	60	61	63	65	67	70	72
0,920	41	45	48	51	53	54	56	57	58	60	62	64	66	69	71
0,916	40	44	47	50	52	53	54	55	57	59	61	63	65	67	70
0,912	38	43	46	48	50	52	53	54	56	58	60	62	64	66	69
0,908	37	41	45	47	49	51	52	53	55	57	59	61	63	65	68
0,904	36	40	43	46	48	50	51	52	54	56	57	60	62	64	67
0,900	34	39	42	45	47	48	50	51	53	55	56	58	61	63	66

Obs.: Quando o valor obtido pelo cálculo do tratamento estatístico encontrar-se de forma intermediária no fator de pagamento, adotar o valor superior na tabela.

9. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

O serviço será medido por m³ efetivamente aplicado e em conformidade com a seção transversal e espessuras de projeto, devendo o mesmo contemplar todas as etapas do serviço concluído. As espessuras da camada, para efeito de medição, serão as de projeto, confirmada a critério da Concessionária, através da extração de corpos-de-prova da pista.

O pagamento será feito pelo preço unitário contratual multiplicado pelo fator de pagamento obtido conforme descrito no item 8.5, e este pagamento será a remuneração única do serviço, incluindo o fornecimento, o transporte e a aplicação dos materiais, toda a mão-de-obra e encargos sociais incidentes, os equipamentos, as ferramentas, as despesas indiretas, as despesas fiscais e eventuais necessários à sua execução.

Anexo I – Modelo Planilha de Fator de Pagamento

APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO PARA A DETERMINAÇÃO DO "FATOR DE PAGAMENTO"

Contrato (COLOCAR A NUMERAÇÃO)
Execução de (TIPO DE FAIXA - RODOVIA KM A ao B)

Empreiteira (NOME DO FORNECEDOR)
Data do serviço (PREENCHER COM DATA DE INÍCIO E FIM DO SERVIÇO)

DESCRIÇÃO		PARÂMETROS DE CONTROLE										LOCALIZAÇÃO DAS AMOSTRAS									
		GRANULOMÉTRICA (% que passa por peneira)										TEOR DE BETUME	GRAU DE COMPACTAÇÃO (%)	CONFORTO QI (cont./km)	SEGURANÇA		GRANULOMETRIA E TEOR	GRAU DE COMPACTAÇÃO	MERLIN	VRD e HS	
FAIXA DE TRABALHO	LSE LIE														VRD	HS (mm)	(Massa) Km	(Extraído) Km	Km	Km	
Data																					
DADOS DA EMPREITEIRA																					
DADOS DA AUDITORIA																					
RESULTADOS ESTATÍSTICOS	nº Amostras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Média (X)	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!					
	Desvio Padrão (s)	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!					
ÍNDICE DE QUALIDADE	Qs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
	Qi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
	Ps (Tabela 1)																				
	Pi (Tabela 1)																				
	NQR individual	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100				
	NQR adotado																				
FATOR DE PAGAMENTO	Individual Calculado																				
	Final Adotado	REPROVADO																			