TÍTULO

RECICLAGEM DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EM USINA COM ADIÇÃO DE ESPUMA DE ASFALTO

ÓRGÃO

DIRETORIA DE ENGENHARIA

PALAVRAS-CHAVE

Pavimento. Reciclagem em usina. Espuma de asfalto

APROVAÇÃO	PROCESSO

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM DO ESTADODO PARANÁ. **DER/PR ES-P32/05**. Pavimentação: Reciclagem de pavimento “in situ” com espuma de asfalto. Curitiba, 2005.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 166/2013-ES**. Pavimentação – Reciclagem de pavimento a frio “in situ” com adição de espuma de asfalto. Rio de Janeiro,2013.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 169/2014-ES**. Pavimentação – Reciclagem de pavimento em usina com espuma de asfalto. Rio de Janeiro, 2014.

GUATIMOSIM, F. V. **Mechanical Behaviour and Structural Performance of Recycled Foamed Bitumen Stabilized Materials**. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2015.

OBSERVAÇÕES

REVISÃO	DATA	DISCRIMINAÇÃO

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

ÍNDICE

1 OBJETIVO 4
2 DEFINIÇÃO 4
3 MATERIAIS 4
3.1 Cimento Asfáltico 4
3.2 Cimento Portland 4
3.3 Agregado Adicional 5
3.4 Espuma de Asfalto 5
3.5 Água 5
3.6 Mistura Reciclada 5
4 EQUIPAMENTOS 7
5 EXECUÇÃO 8
5.1 Considerações Iniciais 8
5.2 Reciclagem do Material 8
5.3 Espalhamento do material na pista 8
5.4 Compactação e proteção da base 9
5.5 Acabamento 9
5.6 Cura 10
5.7 Abertura ao Tráfego 10
6 CONTROLE 10
6.1 Controle dos Materiais 10
6.2 Controle da Produção e Execução 11
6.3 Controle Geométrico e de Acabamento 12
6.4 Deflexões 12
7 ACEITAÇÃO 13
7.1 Materiais 13
7.2 Produção e Execução 13
7.3 Deflexões 15
8 CONTROLE AMBIENTAL 15
8.1 Exploração de Ocorrência de Materiais 15
8.2 Estocagem de CAP e Agregados 16
8.3 Execução 16
9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO 17
10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 17
ANEXO A –TABELAS DE CONTROLE 19

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

ANEXO B – CONTROLE ESTATÍSTICO 24
ANEXO C – ESPECIFICAÇÃO PARA CIMENTO ASFÁLTICO 26

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

1 OBJETIVO

Definir os critérios que orientam a execução, aceitação e medição dos serviços de reciclagem de pavimento em usina móvel com espuma de asfalto, de modo obter uma base reciclada, constituída pelos materiais de reciclagem do pavimento, aglomerante, água e adição eventual de agregados em obras rodoviárias, sob a jurisdição do Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo – DER/SP.

2 DEFINIÇÃO

A reciclagem de pavimento em usina móvel a frio com espuma de asfalto é o processo de restauração de pavimento executado em usina instalada o mais próximo possível do local de aplicação do material, com reaproveitamento do material fresado existente, normalmente com incorporação de parte ou de toda base existente; incorporação de cimento Portland ou cal hidratada, cimento asfáltico na forma de espuma, adição de água, e incorporação, quando necessário de agregados, espalhamento e compactação da mistura resultante, obtendo-se desta forma uma nova base do pavimento, isto é, uma base reciclada.

Espuma de asfalto é o estado temporário do Cimento Asfáltico de Petróleo, obtido a partir da injeção de ar sob pressão e pequenas quantidades de água na temperatura ambiente sobre o cimento asfáltico, aquecido em temperatura adequada para seu tipo. Esta injeção realizada no interior das câmaras de expansão ocasiona o aumento da área superficial e a redução da viscosidade do asfalto, o que promove sua forte expansão volumétrica.

Meia-vida é o intervalo de tempo, em segundos, que a espuma necessita para reduzir-se a metade do volume máximo alcançado.

Taxa de expansão é a relação entre o volume máximo do cimento asfáltico no estado espuma e o volume do CAP remanescente, após a espuma estar completamente ausente.

Relação de tensão é a relação entre a resistência à tração indireta úmida e a resistência à tração indireta seca, obtida através do ensaio de compressão diametral dos corpos de prova Marshall, a 25ºC.

3 MATERIAIS

3.1 Cimento Asfáltico

Podem ser empregados cimentos asfálticos de petróleo dos tipos: CAP 50-70, CAP 85-100 ou CAP 150-200, que devem atender ao especificado no regulamento técnico ANP no 3/2005 de 11/07/2005 da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis–ANP, apresentada no anexo C, ou a especificação que estiver em vigor na época de sua utilização.

3.2 Cimento Portland

A adição de cimento tem a função de auxiliar o asfalto a se dispersar, principalmente quando o material reciclado é deficiente de agregados finos. O cimento Portland deve atender às especificações do DNER EM 036 (1), NBR 16697(2).

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

O cimento Portland pode ser substituído pela Cal Hidratada no projeto da mistura desde que sua utilização seja previamente aprovada pelo DER/SP e sua eficácia devidamente comprovada através de ensaios laboratoriais específicos.

A cal hidratada deve atender à especificação NBR 7175[(3)].

3.3 Agregado Adicional

Os agregados, eventualmente incorporados ao material fresado para correção granulométrica da mistura, devem ser constituídos por pedra britada ou seixo rolado britado, que apresentem fragmentos duros, limpos, duráveis, livres do excesso de partículas lamelares ou alongadas, macios ou de fácil desintegração, assim como isentos de outras substâncias ou contaminações prejudiciais; e deve atender aos seguintes requisitos:

a) desgaste no ensaio de abrasão *Los Angeles*, conforme NBR 16974[(4)], igual ou inferior a 50%;

b) equivalente de areia do agregado miúdo, conforme NBR 12052[(5)], igual ou superior a 55%;

c) índice de forma maior ou igual 0,5 conforme DNIT 425/2020 - ME[(6)]

d) perda no ensaio de durabilidade, conforme DNER ME 089[(7)], em cinco ciclos, com solução de sulfato de sódio, deve ser inferior a 20% e, com sulfato de magnésio, inferior a 30%.

e) no caso de emprego de seixos rolados britados, exige-se que 90% dos fragmentos, em peso, apresentem pelo menos uma face fragmentada.

3.4 Espuma de Asfalto

A espuma de asfalto produzida deve apresentar as seguintes características:

- taxa de expansão: mínima de 8 vezes;
- meia-vida: mínima de 6 segundos.

3.5 Água

A água deve ser isenta de teores nocivos de sais, ácidos, álcalis, de matéria orgânica ou outras substâncias prejudiciais. Deve atender aos requisitos estabelecidos pela NBR NM 137[(8)].

3.6 Mistura Reciclada

A mistura reciclada deve atender aos seguintes requisitos:

a) a curva granulométrica da mistura de materiais deve ser contínua e deve enquadrar-se na faixa granulométrica da tabela 1;

b) a composição do material a ser reciclado deve possuir um mínimo de 4% de finos passantes na peneira nº 200, para que a espuma se disperse convenientemente na mistura;

c) porcentagem de cimento Portland (ou cal hidratada) deve ser de no máximo 2%, preferencialmente 1%;

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

d) o teor de asfalto a ser utilizado deve ser determinado no laboratório, em geral situa-se na faixa de 2% a 2,5%;

e) a quantidade de água adicionada ao asfalto, usualmente está compreendida entre 2% e 4%, sobre o peso do asfalto, respeitando os valores mínimos para taxa de expansão e meia vida, indicados no projeto;

f) a mistura deve apresentar resistência à tração indireta seca mínima de 0,225 MPa e resistência à tração indireta saturada mínima de 0,10 MPa, ambas a 25 ºC e após 72 horas de cura;

g) relação de tensão mínima de 50%.

Tabela 1– Faixa Granulométrica

Peneira de Malha Quadrada		Percentagem passando,em massa(%)	Tolerância da faixa de projeto(%)
ASTM	mm		
2”	50	100	
1½”	37,5	87 – 100	± 8
1”	25	76 – 100	± 8
¾”	19	65 – 100	± 8
1/2”	12,7	55 – 90	± 8
3/8”	9,5	46 – 76	± 8
nº 4	4,8	35 – 62	± 8
Nº 10	2	25 – 47	± 5
Nº 40	0,42	11 – 25	± 5
Nº 80	0,175	6 – 17	± 5
N° 200	0,075	4 – 12	± 3

3.6.1 Determinação da Composição da Mistura Reciclada

Para definição do projeto de mistura dos agregados devem ser efetuadas coletas de amostras do material fresado, dos agregados adicionais e do cimento Portland (ou cal hidratada conforme item 3.2):

a) determinação da granulometria de cada material a ser empregado (RAP – que é o material resultante da fresagem, pó de pedra e fíler);

b) determinação do percentual de cada material na mistura para enquadramento na faixa granulométrica da Tabela1;

c) determinação do teor de betume da mistura reciclada.

3.6.2 Porcentagem de Agregado Adicional

A porcentagem de agregado adicional é definida como sendo a relação entre a massa de agregados secos adicionais e a massa da mistura final.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

3.6.3 Porcentagem de Cimento

A porcentagem de cimento (ou cal hidratada) é definida como sendo a relação entre a massa de cimento e a massa da mistura final.

4 EQUIPAMENTOS

Antes do início dos serviços todo equipamento deve ser examinado e aprovado pelo DER/SP.

O equipamento básico para a execução da reciclagem em usina à frio com espuma de asfalto compreende as seguintes unidades:

a) a fresadora deve possuir as seguintes características:

- possuir comando hidráulico que permita variações na espessura de fresagem, bem como meios de ajustes para compensação das inclinações transversais, e ser capaz de cortar em uma única passada a profundidade de no mínimo 12 cm;

b) a usina de reciclagem deve possuir as seguintes características:

- a reciclagem do material deve ser realizada em equipamento apropriado para esta finalidade, do tipo “usina a frio com sistema de espuma de asfalto;
- o equipamento deve dispor de silos dotados de peneiras vibratórias e dispositivos de controle de pesagem dos insumos, inclusive de injeção de cal ou cimento Portland. Também deve ser dotada de câmaras de expansão para formação e espargimento da espuma de asfalto, assim como, de sistema para injeção de água para controle da umidade de compactação.

c) equipamentos complementares para a usinagem do material:

- pá carregadeira, para abastecimento dos silos da usina;
- caminhão basculante, para remanejamento dos materiais;
- caminhão tanque para abastecimento de água do reservatório da usina;
- caminhão para transporte de material asfáltico, dotado de sistema de aquecimento térmico compatível com as temperaturas de aquecimento requeridas;

d) equipamento para espalhamento e acabamento:

- motoniveladora pesada ou vibroacabadora de asfalto para distribuição do material na pista;
- pás, garfos e rodos metálicos para acabamento e operações eventuais.

e) equipamentos para compressão:

- rolo vibratório autopropelido tipo pé-de-carneiro pata curta;
- rolo pneumático depressão variável;
- rolo metálico liso, rolo tipo tandem vibratório.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

5 EXECUÇÃO

5.1 Considerações Iniciais

A execução do serviço compreende a fresagem do pavimento asfáltico, usinagem através de mistura e homogeneização do material fresado, incluindo a incorporação de material virgem para correção granulométrica, fíler (cimento Portland ou cal hidratada), água e espuma de asfalto, de acordo com o projeto de dosagem estabelecido, e o carregamento do material usinado em caminhões basculantes, transporte, distribuição sobre a pista e compactação, em conformidade com os alinhamentos e cotas definidos no projeto de engenharia.

Antes do início dos serviços é obrigatória, às expensas do contratado, a execução de trecho experimental, que deve possuir no mínimo 150 m e cobrir a largura da faixa ou a metade da largura da pista a reciclar. Após comprovação da espessura das camadas e a aceitação da mistura, por atender aos limites definidos nesta especificação pela fiscalização, as atividades de reciclagem em usina podem ter seu início.

No caso de rejeição dos serviços no trecho experimental, por desempenho insatisfatório quanto aos limites especificados nos ensaios ou incorreção na espessura reciclada, o trecho experimental deve ser refeito, as expensas do contratado.

Devem ser definidos, durante a execução do trecho experimental, os tipos de equipamentos, a técnica de compactação mais adequada, o número de coberturas necessárias à obtenção do grau de compactação especificado.

5.2 Reciclagem do Material

A mistura e a incorporação dos materiais devem ser feitas nas seguintes condições:

a) abastecimento com auxílio de pá carregadeira de um dos dois silos da usina com material resultante da fresagem de pavimentos (RAP);

b) abastecimento com auxílio de pá carregadeira do segundo e último silo com material pétreo virgem, com a finalidade de correção da granulometria final do material usinado, para conformidade como projeto de dosagem;

c) introdução de cal hidratada ou cimento Portland na mistura por meio de sistema de injeção de fíler da própria usina;

d) introdução da espuma de asfalto.

Devem ser atendidas as exigências complementares especificadas no projeto, no que se refere à qualidade da espuma, medidas pela taxa de expansão e meia-vida.

5.3 Espalhamento do material na pista

O material usinado deve ser transportado para o local de espalhamento por intermédio de caminhões basculantes e despejado diretamente sobre a pista, no caso de espalhamento com auxílio de motoniveladora; ou preferencialmente, despejado no silo do equipamento, no caso da opção pelo espalhamento com vibro acabadora, atendendo às cotas e espessuras especificadas em projeto. Antes do espalhamento da mistura usinada deve ser procedida a limpeza e remoção da água sobre a faixa em execução.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

Devem ser tomadas as devidas precauções, a fim de evitar processos de segregação da mistura usinada.

Em função da espessura projetada de material usinado, a base deve ser executada em uma ou mais camadas, para que seja capaz de realizar e atingir a compactação requerida.

5.4 Compactação e proteção da base

Os serviços devem ser executados de acordo com os procedimentos seguintes:

a) O equipamento de compactação deve ter dimensões, forma e massa adequadas, de modo a se obter a massa específica aparente máxima prevista para a mistura. A compactação deve ser iniciada pela borda mais baixa da faixa e prosseguindo até a borda mais elevada da faixa, sobrepondo-se as passadas sucessivas, de modo que a faixa em execução seja uniformemente compactada em toda a sua largura;

b) A compactação deve ser iniciada, preferencialmente, com emprego de rolo vibratório;

c) A compactação deve ser finalizada, de preferência, como emprego de rolo pneumático que assegure a obtenção da massa especifica aparente indicada no projeto da mistura reciclada, em toda a espessura da camada compactada;

d) A espessura da camada deve ser conduzida de modo que a espessura compactada final seja de no máximo 20 cm e nunca inferior a 12 cm;

e) Durante as operações finais de compactação devem ser tomadas as medidas necessárias para que a camada superficial seja mantida na umidade ótima, ou ligeiramente acima, recorrendo-se a pequenas adições de água, se preciso for, e procedendo-se nova homogeneização com equipamento adequado;

f) A energia de compactação deve ser, no mínimo, a do ensaio Proctor Modificado, correspondente à massa específica aparente seca máxima;

g) A proteção da base deve ser efetuada com material asfáltico, observada a norma DNIT 145/2012-ES[(9)];

h) A pintura de proteção só pode ser considerada como pintura de ligação se, por ocasião da aplicação do revestimento asfáltico, se encontrar em condições de cumprir os requisitos necessários e livre de pó ou material estranho;

i) A base reciclada só pode ser aberta ao tráfego após a conclusão da compactação e de acordo com o estabelecido no projeto.

5.5 Acabamento

O acabamento é executado mediante o emprego de motoniveladora, atuando exclusivamente em operação de corte. Não é permitida a correção de depressões pela adição de material.

A superfície da base deve ser compactada até que se apresente lisa e isenta de partes soltas ou sulcadas.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

5.6 Cura

A superfície da base reciclada com espuma de asfalto deve ser protegida contra a evaporação da água por meio de imprimação. A película protetora deve ser aplicada em quantidade suficiente para construir uma membrana contínua. Este procedimento deve ser executado imediatamente após o término da compactação.

No caso de emprego de material betuminoso, este deve ser usado de acordo com a especificação de imprimação betuminosa impermeabilizante ou ligante do DER/SP, não devendo ser aberto ao tráfego até que a imprimação esteja completamente curada.

A pintura de proteção só deve ser considerada como pintura de ligação se, por ocasião da aplicação do revestimento asfáltico possuir condições de cumprir os requisitos necessários e estar livre de pó ou material estranho.

5.7 Abertura ao Tráfego

A base reciclada com espuma de asfalto não possui coesão adequada logo após a compactação, e caso seja necessário a abertura da camada, esta deve ser protegida contra danos que podem ser causados pela ação do tráfego. Assim sendo, executa-se um Fog-spray (névoa de emulsão recortada) e espalha-se pó de pedra sobre a superfície reciclada. Este procedimento deve ser executado imediatamente após o término da compactação.

A base reciclada com espuma de asfalto deve ser submetida à ação do tráfego somente após decorrido o tempo necessário para a saída de 50% da água da umidade de compactação, que varia entre 3 e 5 dias, de forma que eventuais deficiências que a base venha apresentar sejam sanadas antes da aplicação da aplicação da camada final.

6 CONTROLE

6.1 Controle dos Materiais

6.1.1 Cimento Asfáltico

Para todo carregamento que chegar à obra, devem ser realizados:

a) um ensaio de penetração a 25º C, conforme NBR 6576[10];
b) um ensaio de viscosidade de *Saybolt Furol*, conforme NBR 14950[11].

Para todo carregamento de cimento asfáltico que chegar à obra deve-se retirar uma amostra que será identificada e armazenada, para possíveis ensaios posteriores.

Todo o carregamento de ligante asfáltico que chegar à obra deve apresentar por parte do fabricante ou distribuidor o certificado de resultados de análise dos ensaios de caracterização exigidos pela especificação, correspondente à data de fabricação, ou ao dia de carregamento para transporte com destino ao canteiro de serviço, se o período entre os dois eventos ultrapassar 10 dias.

Deve trazer também indicação clara da sua procedência, do tipo e quantidade do seu conteúdo e distância de transporte entre a refinaria e o canteiro de obra.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

6.1.2 Cimento Portland

Ensaio da determinação da finura, conforme NBR 11579[12] a cada 600m³ de mistura a ser reciclada, ou quando houver dúvidas sobre a sua sanidade.

Na substituição do cimento Portland por cal hidratada, deve ser retirada amostra de acordo com a NBR 6471[14] e realizados os ensaios exigidos na norma NBR 7175[3].

6.1.3 Agregado Adicional

a) abrasão *Los Angeles*, conforme NBR 16974[4]: um ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material;

b) índice de forma, conforme DNIT 425/2020 - ME[6]: um ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material;

c) durabilidade conforme DNER ME 089[7]: 1 ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material;

- Para agregado miúdo, determinar o equivalente de areia, conforme NBR 12052[5]: um ensaio por jornada de 8 horas de trabalho e sempre que houver variação da natureza do material.

6.1.4 Água

Deve ser examinada sempre que houver dúvida sobre a sua sanidade, conforme NBR NM 137[8].

6.2 Controle da Produção e Execução

6.2.1 Controle da Base Reciclada

O controle da produção das características da mistura reciclada e de execução deve ser feito pelas seguintes determinações:

a) temperatura do cimento asfáltico no tanque, duas determinações por jornada de 8 horas de trabalho, espaçadas de no mínimo 4 horas;

b) determinação da taxa de expansão e meia vida da espuma, após o equipamento entrar em ritmo constante de operação, duas determinações por jornada de 8h trabalho, espaçadas de no mínimo 4 horas;

c) teor de umidade, imediatamente antes do espalhamento para compactação, pelo método expedito da frigideira, a cada 500 m²;

a) moldagem de seis corpos de prova Marshall, com 75 golpes por face, para determinação da resistência à tração indireta por compressão diametral para condições seca e saturada, a 25º C, determinada conforme ABNT NBR 15087[13], após período de cura de 72 horas em estufa a 60º C, uma determinação por jornada de8 horas de trabalho;

d) determinação da densidade seca máxima e umidade ótima, na energia modificada, conforme NBR 7182[14], um ensaio a cada 500 m², e sempre que a mistura se encontra fora da faixa granulométrica;

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

e) determinação do teor de cimento Portland (ou cal hidratada) incorporado à mistura, obtido através da diferença entre o teor obtido no ensaio de extração e o teor encontrado na fase de dosagem, conforme ME-DE-P00/011[15].

f) granulometria da mistura reciclada com material resultante das extrações da alínea f; conforme NBR 17054[16];

g) determinação do teor de umidade, da massa específica aparente seca *in situ*, conforme NBR 7185[17] e o respectivo do grau de compactação imediatamente após a conclusão da camada, a cada 500 m^2, a partir dos resultados da alínea e;

h) extração de corpos de prova com sonda rotativa de 6” de diâmetro, para análise visual da integridade e homogeneidade da camada, uma extração a cada 1.800 m², após o período de cura.

6.3 Controle Geométrico e de Acabamento

6.3.1 Controle de Espessura e Cotas

A relocação e o nivelamento do eixo e das bordas devem ser executados a cada 20 m; devem ser nivelados os pontos no eixo, bordas e em dois pontos intermediários.

6.3.2 Controle da Largura e Alinhamentos

A verificação do eixo e das bordas deve ser feita durante os trabalhos de locação e nivelamento nas diversas seções correspondentes às estacas da locação. A largura da semiplataforma ou faixa reciclada deve ser determinada por medidas à trena executadas pelo menos a cada 20 m.

6.3.3 Controle de Acabamento da Superfície

O acabamento da superfície dos diversos segmentos concluídos é verificado com duas réguas, uma de 1,20 m e outra 3,00 m de comprimento, colocadas em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada, nas diversas seções correspondentes às estacas da locação.

6.4 Deflexões

Deve-se verificar as deflexões recuperáveis máximas (D_0) da camada, após 7 dias de cura, a cada 20 m por faixa alternada e 40 m na mesma faixa, através da viga *Benkelman*, conforme DNER ME 024[18], ou FWD, *Falling Weight Deflectometer*, de acordo com DNER PRO 273 [19].

É importante salientar que a camada reciclada executada entrará em processo de aumento de coesão e consequentemente acréscimo em sua resistência por um período de até 7 meses da sua execução. Desta forma, suas medidas de deflexão tenderão a diminuir gradativamente até sua total estabilização. A camada final de revestimento pode ser executada logo após a saída de 50% da água de umidade ótima de compactação.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

7 ACEITAÇÃO

Os serviços são aceitos e passíveis de medição desde que atendam simultaneamente as exigências de materiais, de produção e execução, estabelecidas nesta especificação, e discriminadas a seguir.

7.1 Materiais

7.1.1 Cimento Asfáltico

O cimento asfáltico utilizado é aceito desde que atenda a legislação em vigor para cimentos asfálticos, da ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - anexo C, ou a legislação que estiverem vigor na ocasião de sua utilização.

7.1.2 Cimento Portland

Todo carregamento de cimento que chegar à obra deve vir acompanhado de certificado de qualidade que ateste a qualidade do material e o atendimento às especificações DNER EM 036[(1)] e NBR 16697[(2)]. Os resultados individuais de resíduos retidos na peneira de abertura 0,075, devem ser no máximo 10% para o cimento Portland de alto forno, e de no máximo 15% para o cimento comum.

Na adoção de Cal Hidratada, todo carregamento que chegar à obra deve vir acompanhado de certificado de qualidade que ateste a qualidade do material e o atendimento às especificações da norma NBR 7175[(3)].

7.1.3 Agregados Adicionais

Os agregados adicionais graúdos são aceitos desde que os resultados individuais de abrasão *Los Angeles*, índice de forma, e durabilidade atendam aos estabelecidos no item 3.3.

Para os agregados miúdos deve ser realizado o seguinte ensaio: determinação do equivalente de areia DNER-ME 054[(23)] em cada dia de trabalho.

7.1.4 Água

A água utilizada é aceita desde que seja isenta de teores nocivos de sais, ácidos, álcalis, de matéria orgânica ou outras substâncias prejudiciais, e atenda a NBR NM 137[(8)].

7.2 Produção e Execução

7.2.1 Temperatura do Cimento Asfáltico

A tolerância admitida para variação da temperatura é ± 3º C em relação à temperatura especificada para a formação de espuma de asfalto.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

7.2.2 Teor de Cimento Asfáltico

Os teores de cimento asfáltico incorporados devem ser analisados estatisticamente para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, através do controle bilateral, de acordo com o anexo B. As tolerâncias admitidas para variação do teor são de ± 0,4 pontos percentuais do teor ótimo de ligante do projeto da mistura.

7.2.3 Granulometria da Mistura

Os resultados da granulometria da mistura devem ser analisados estatisticamente para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, através do controle bilateral, anexo B. A granulometria da mistura deve estar compreendida dentro dos limites de faixa A ou B da tabela1, item 3.6.

7.2.4 Taxa de Expansão e Meia-Vida da Espuma Asfalto

Os resultados individuais de expansão e meia vida da espuma de asfalto devem atender ao prescrito no projeto de dosagem.

7.2.5 Resistência à Tração

Os resultados individuais de resistência à tração indireta por compressão diametral na condição seca e saturada devem possuir, no mínimo, 0,4 MPa e 0,2 MPa, respectivamente.

7.2.6 Compactação

O grau de compactação é aceito desde que não sejam obtidos valores individuais inferiores a 100%, ou os resultados da análise feita estatisticamente para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, através da equação 3 do anexo B, sejam iguais ou superiores a100%.

7.2.7 Homogeneidade da Camada

As condições de homogeneidade e integridade da camada reciclada, avaliadas em bases visuais nos corpos de prova extraídos, serão aceitas desde que sejam consideradas satisfatórias.

7.2.8 Geometria e Acabamento

Os serviços executados são aceitos quanto à geometria desde que:

a) os resultados individuais da semilargura da plataforma ou faixa reciclada, não apresente valores inferiores aos previstos para a camada; e os desvios verificados no alinhamento não excedam a + 10cm;

b) a espessura determinada estatisticamente, por controle bilateral, conforme equações 3 e 4, anexo B, devem apresentar variações de ±2 cm da espessura de projeto;

c) não são tolerados valores individuais de espessura fora do intervalo de ± 3 cm em relação à espessura de projeto;

O acabamento da superfície reciclada é aceito desde que a variação máxima entre dois pontos de contato de qualquer uma das réguas e a superfície da camada seja inferior a 0,5 cm.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

7.3 Deflexões

A deflexão característica de cada subtrecho determinada de acordo equação 4 do anexo B, para número mínimo 15 determinações, deve ser a estabelecida em projeto.

8 CONTROLE AMBIENTAL

Os procedimentos de controle ambiental referem-se à proteção de corpos d'água, da vegetação lindeira e da segurança viária.

A seguir são apresentados os cuidados e providências para proteção do meio ambiente, a serem observados no decorrer da execução da reciclagem de pavimento *in situ*, com espuma de asfalto.

8.1 Exploração de Ocorrência de Materiais

Devem ser observados os seguintes procedimentos na exploração das ocorrências de materiais:

a) para as áreas de apoio, necessárias à execução dos serviços, devem ser observadas as normas ambientais vigentes no DER/SP;

b) o material somente será aceito após a executante apresentar a licença ambiental de operação da pedreira e areal;

c) não é permitida a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação permanente ou de proteção ambiental;

d) não é permitida a exploração de areal em área de preservação permanente ou de proteção ambiental;

e) deve-se planejar adequadamente a exploração dos materiais, de modo a minimizar os impactos decorrentes da exploração e facilitar a recuperação ambiental após o término das atividades exploratórias;

f) caso seja necessário promover o corte de árvores, para instalação das atividades, deve ser obtida autorização dos órgãos ambientais competentes; os serviços devem ser executados em concordância com os critérios estipulados pelos órgãos ambientais constante nos documentos de autorização. Em hipótese alguma, será admitida a queima de vegetação ou mesmo dos resíduos do corte: troncos e árvores;

g) deve-se 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 seu carreamento para cursos d'água;

h) caso os agregados britados sejam fornecidos por terceiros, deve-se exigir documentação que ateste a regularidade das instalações, assim como sua operação, junto ao órgão ambiental competente;

i) instalar sistemas de controle de poluição do ar, dotar os depósitos de estocagem de agregados de proteção lateral e cobertura para evitar dispersão de partículas, dotar o misturador de sistema de proteção para evitar emissões de partículas para a atmosfera.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

8.2 Estocagem de CAP e Agregados

A estocagem de CAP e agregados deve ser feita em local pré-estabelecido e controlado. Caso seja necessário a instalação de canteiro de obras, este deve ser cadastrado conforme a legislação vigente.

a) os locais de estocagem e estacionamento de caminhões tanques devem ser afastados de cursos d'água, vegetação nativa ou áreas ocupadas;

b) no local de estacionamento e manutenção dos caminhões tanques devem ser instalados dispositivos para retenção de pequenos vazamentos;

c) os tanques de CAP devem ser instalados dentro de tanques periféricos, para retenção do produto em casos de vazamentos;

d) os silos de estocagem de agregados devem ser dotados de proteções laterais, para evitar a dispersão das emissões fugitivas durante a operação de carregamento;

e) as áreas de estocagem, de estacionamento e de manutenção de equipamentos devem ser recuperadas ambientalmente, quando da desmobilização das atividades.

8.3 Execução

Durante a execução devem ser observados os seguintes procedimentos:

a) deve ser implantada a sinalização de alerta e de segurança de acordo com as normas pertinentes aos serviços;

b) executar os serviços preferencialmente em dias secos, de modo a evitar poluir os cursos d´água pelas águas das chuvas;

c) deve ser proibido o tráfego dos equipamentos fora do corpo da estrada para evitar danos desnecessários à vegetação e interferências na drenagem natural;

d) caso haja necessidade de estradas de serviço fora da faixa de domínio, deve-se proceder o cadastro de acordo coma legislação vigente;

e) as áreas destinadas ao estacionamento e manutenção dos veículos devem ser devidamente sinalizadas, localizadas e operadas de forma que os resíduos de lubrificantes ou combustíveis não sejam carreados para os cursos d'água. As áreas devem ser recuperadas ao final das atividades;

f) todos os resíduos de lubrificantes ou combustíveis utilizados pelos equipamentos, seja na manutenção ou operação dos equipamentos, devem ser recolhidos em recipientes adequados e dada a destinação apropriada;

g) os resíduos dos produtos utilizados devem ser acumulados em locais pré-definidos e livres de restrições ambientais. No encerramento das atividades devem ser removidos em recipientes apropriados para o canteiro de obras;

h) é proibida a deposição irregular de sobras de materiais utilizado na reciclagem do pavimento junto ao sistema de drenagem lateral, evitando seu assoreamento, bem como o soterramento da vegetação;

i) é obrigatório o uso de EPI, equipamentos de proteção individual, pelos funcionários.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

O serviço deve ser medido em metros cúbicos de camada acabada, cujo volume é calculado multiplicando-se as extensões obtidas a partir do estaqueamento pela área da seção transversal de projeto.

O serviço recebido e medido da forma descrita é pago conforme o respectivo preço unitário contratual, no qual está incluso: corte de material, fornecimento, carga e transporte de material até locais de aplicação, produção da mistura reciclada, perdas, espalhamento, compactação e acabamento; abrangendo inclusive a mão-de-obra com encargos sociais, BDI e equipamentos necessários aos serviços, executados de forma a atender ao projeto e às especificações técnicas.

DESIGNAÇÃO	UNIDADE
23.13.07.10 – Reciclagem em usina a frio com espuma asfáltica	m³

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER EM 036 –** Cimento Portland – recebimento e aceitação. Rio de Janeiro, 1995.

2 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697.** Cimento Portland - Requisitos. Rio de Janeiro, 2018.

3 ____. **NBR 7175**. Cal Hidratada para Argamassas - Requisitos. Rio de Janeiro, 2003.

4 ____. **NBR 16974**.Agregados – Ensaio de resistência ao impacto e à abrasão *Los Angeles*. Rio de Janeiro, 2022.

5 ____. **NBR 12052**. Solo ou agregado miúdo - Determinação do equivalente de areia – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1992.

6 ____. **DNIT 425/2020 - ME**. Pavimentação - Agregado - Determinação do índice de forma com paquímetro - Método de ensaio. Brasília, 2020.

7 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER ME 089**. Agregados – avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio. Rio de Janeiro, 1994.

8 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 137.**Argamassa e concreto –Água para amassamento e cura de argamassa e concreto de cimento Portland. Rio de Janeiro, 1997.

9 ____. **DNIT 145/2012 - ES**. Pavimentação – Pintura de ligação com ligante asfáltico – Especificação de Serviço. Brasília, 2012.

10 ____. **NBR 6576**. Materiais Asfálticos – Determinação da penetração. Rio de Janeiro, 2007.

11 ____. **NBR 14950**. Materiais betuminosos - Determinação da viscosidade Saybolt Furol. Rio de Janeiro, 2003.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

12 ____. **NBR 11579**. Cimento Portland – Determinação do índice de finura por meio da peneira de 75 µm (nº 200). Rio de Janeiro, 2013.

13 ____. **NBR 15087**. Mistura Asfáltica - Determinação da resistência à tração por compressão diametral. Rio de Janeiro, 2012.

14 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182**. Solo – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 2016.

15 ____. **ME-DE-P00/011**. Determinação do teor de asfalto por meio do forno NCAT (*Ignition Method*). São Paulo, 2021.

16 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17054**. Agregados – Determinação da composição granulométrica – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2022.

17 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7185** – Solo - Determinação da massa específica aparente, *in situ*, com emprego do frasco de areia. Rio de Janeiro, 2016.

18 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER ME 024**. Pavimento – determinação das deflexões pela Viga Benkelman. Rio de Janeiro, 1994.

19 ____. **DNER PRO 273**. Determinação das deflexões utilizando o deflectômetro de impacto tipo *falling weight deflectometer* – FWD. Rio de Janeiro, 1996.

20 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6560**. Ligantes asfálticos – Determinação do ponto de amolecimento - Método do anel e bola. Rio de Janeiro, 2016.

21 ____. **NBR 11341**. Derivados de petróleo – Determinação dos pontos de fulgor e de combustão em vaso aberto Cleveland. Rio de Janeiro, 2014.

22 ____.**NBR 14855**. Ligantes asfálticos - Determinação da solubilidade em tricloroetileno. Rio de Janeiro, 2015.

23 ____. **NBR 6293**. Ligantes asfálticos – Determinação da ductilidade. Rio de Janeiro, 2015.

24 ____. **NBR 15184**. Materiais betuminosos - Determinação da viscosidade em temperaturas elevadas usando um viscosímetro rotacional. Rio de Janeiro, 2004.

25 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D2872-22** Standard Test Method for Effect of Heat and Air on a Moving Film of Asphalt Binder (Rolling Thin-Film Oven Test) –. Pennsylvania, 2022

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

MINUTA

ANEXO A –TABELAS DE CONTROLE

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

1. CONTROLE DOS MATERIAIS				
ENSAIO	**MÉTODO**	**FREQUÊNCIA**	**CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS**	**ACEITAÇÃO**
1.1 Cimento Asfáltico				
Penetração a 25º C	NRB 6576[10]	Para todo carregamento que chegar à obra	Resultados individuais	Ver especificação dos Cimentos Asfálticos – anexo C, ou regulamentação em vigor
Viscosidade de Saybolt Furol	NBR 14950[11]			
1.2 Cimento				
Finura	NBR 11579[12]	1 determinação a cada 600 m³ de mistura a ser reciclada, ou quando houver dúvida sobre a sua sanidade.	Resultados individuais	Cimento Portland de alto forno deve possuir resíduos na peneira 0,075 ≤ 10 % Cimento Comum, deve possuir resíduo na peneira 0,075 ≤ 15 %
Todo carregamento de cimento que chegar à obra deve vir acompanhado de certificado de qualidade que ateste a qualidade do material e o atendimento as especificações DNER-EM 036 [1] e NBR 16697 [2]				
1.3 Agregado Graúdo				
Abrasão Los Angeles	NBR 16974[4]	1 ensaio, no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material	Resultados individuais	≤ 50%
Índice de forma	DNIT 425 - ME[6]		Resultados individuais	≥ 0,5
Durabilidade	DNER ME 089[7]		Resultados individuais	≤ 12 %
1.4 Agregado Miúdo				
Equivalente de areia	NBR 12052[5]	1 ensaio por jornada de 8 h de trabalho e sempre que houver variação da natureza do material	Resultados individuais	≥ 55 %

/continua

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte –DER/SP–mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

/continuação

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
1.5 Água				
Qualidade da água	NRB NM 137[8]	Sempre que houver dúvida sobre a sua sanidade	Resultados individuais	Ser isenta de teores nocivos de sais, ácidos, álcalis, matéria orgânica ou outras substâncias nocivas
2 CONTROLE DE PRODUÇÃO E EXECUÇÃO				
2.1 Material Fresado				
Granulometria do material fresado	NBR 17054[16]	Uma determinação em cada subtrecho homogêneo, com no mínimo uma determinação a cada 3.500 m² de pista.	Resultados individuais	Parâmetro de controle e ajuste da produção
Teor de umidade, após a passagem de acabadora	Método expedito da frigideira			
2.2. Execução				
Temperatura do cimento asfáltico, no tanque	Termômetro bimetálico com precisão de 2º C	3 determinações durante a jornada de 8 h de trabalho, espaçadas de no mínimo 4 horas	Resultados individuais	Tolerância ± 3 ºC da temperatura fixada na dosagem
Taxa de expansão da espuma de asfalto	Visual em balde graduado	Após o equipamento entrar em ritmo constante de operação, duas determinações por jornada de 8 horas de trabalho, espaçadas de no mínimo 4 horas	Resultados individuais	Atender a dosagem
Meia vida da espuma de asfalto			Resultados individuais	
Medida da espessura do corte	Medida de trena	Imediatamente após a passagem da recicladora, a cada 30 m.	Resultados individuais	Tolerância máxima admitida é de ± 1 % da definida em projeto
Teor de umidade, após a passagem da acabadora	Método expedito da frigideira	1 determinação a cada 500 m ²	Resultados individuais	Tolerância máxima admitida é de ± 1 % do teor ótimo da mistura.

/continua

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte –DER/SP–mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

/continuação

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
Moldagem de 6 copos de prova, com 75 golpes por faces Determinação da resistência a tração indireta a compressão diametral nas condições seca e saturada a 25º C, após período de cura de 72 horas em estufa a 60ºC	DNER ME 138[13]	1 determinação a cada 8 horas de jornada de trabalho	Resultados individuais	Na condição seca mín. 0,4 Mpa
Ensaio de compactação, na energia modificada	NBR 7182[14]	1 determinação a cada 500 m² e sempre que a curva granulométrica se encontrar fora da faixa de trabalho	Resultados individuais	Parâmetro de controle
Determinação do teor de cimento asfáltico incorporado na mistura, obtido através da diferença entre o teor obtido no ensaio de extração, e o teor encontrado nas amostras coletadas na fase de dosagem	Extração do asfalto ME-DE-P00/011[15]	1 determinação a cada 500 m²		± 0,4 % do teor ótimo
Granulometria da mistura	NBR 17054[16]	1 determinação a cada 500 m², com material resultante das extrações de asfalto	Controle Bilateral $X = \overline{X} - K_1 S \geq LIE$ $X = \overline{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	A granulometria da mistura deve estar compreendida dentro dos limites de faixa A ou B da tabela 1, item 3.6
Determinação da massa específica aparente “in situ” e o respectivo grau de compactação	NBR 7185[17]	Imediatamente após a conclusão da camada, 1 determinação a cada 500 m²	$X = \overline{X}\, KS \geq LIE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	Resultados Individuais GC ≥ 100 % Ou Gcest ≥100 %

/continua

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte –DER/SP–mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

/conclusão

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
Análise visual da integridade e homogeneidade da camada	Extração com sonda rotativa de 6” de diâmetro	1 extração a cada 1.800 m²	Resultados individuais	Sejam consideradas satisfatórias
3. CONTROLE GEOMÉTRICO E ACABAMENTO				
Espessuras e cotas	Relocação e Nivelamento da seção transversal Medidas de trena	A cada 20 m, no eixo bordas e dois pontos	Resultados individuais	Variação no eixo longitudinal e das cotas das bordas, nas seções transversais não devem ser superiores a – 2,0 a + 1,0 cm das cotas de projeto Variação máxima admitida na espessura é de 10 % da espessura de projeto, em qualquer ponto da camada;
Largura e alinhamentos da plataforma		A cada 20 m	Resultados individuais	Não se admite valores para semilargura inferiores aos previstos em projeto
Acabamento da superfície	Duas réguas, uma de 1,20 m e outra 3,0 m de comprimento, colocadas em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada	A cada 20 m	Resultados individuais	A variação máxima admitida, entre dois pontos de contado, de qualquer uma das réguas e a superfície da camada é de 0,5 cm.
4. DEFLEXÕES				
Determinação das deflexões	Viga Benckelman DNER ME 024 (18) ou FWD DNER PRO 273 (19)	A cada 20 m por faixa alternada, a cada 40 m na mesma faixa, determinar D_0	Controle Unilateral $X = \overline{X} + KS \leq LSE$ Análise de no mínimo 15 determinações	A deflexão característica de cada subtrecho deve ser a estabelecida em projeto

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte –DER/SP–mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

MINUTA

ANEXO B – CONTROLE ESTATÍSTICO

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

Tabela B-1 – Controle Estatístico

Parâmetro		
1 - Média aritmética da amostra ($\overline{X}$)	$\overline{X} = \frac{\sum X_i}{N}$	Onde: **X_i** = valor individual da amostra; **N** = nº de determinações efetuadas; **K =** coeficiente unilateral tabelado em função do número de amostras; **K_1 =** coeficiente bilateral tabelado em função do número de determinações; **LSE** = limite superior especificado; **LIE** = limite inferior especificado.
2 – Desvio-padrão da amostra (S)	$S = \sqrt{\frac{\sum(\overline{X} - X_i)^2}{N-1}}$	
Controle Unilateral		
3 - Controle pelo limite inferior 4- Controle pelo limite superior	$X = \overline{X} - KS \geq LIE$ Ou $X = \overline{X} + KS \leq LSE$	
Controle Bilateral		
5 - Controle pelo limite inferior e superior	$X = \overline{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \overline{X} + K_1 S \leq LSE$	

Tabela B-2 – Valores K – Tolerância Unilateral e K1 Tolerância Bilateral

N	K	K_1	N	K	K_1	N	K	K_1
4	0,95	1,34	**10**	0,77	1,12	**25**	0,67	1,00
5	0,89	1,27	**12**	0,75	1,09	**30**	0,66	0,99
6	0,85	1,22	**14**	0,73	1,07	**40**	0,64	0,97
7	0,82	1,19	**16**	0,71	1,05	**50**	0,63	0,96
8	0,80	1,16	**18**	0,70	1,04	**100**	0,60	0,92
9	0,78	1,14	**20**	0,69	1,03	∞	0,52	0,84

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

MINUTA

ANEXO C – ESPECIFICAÇÃO PARA CIMENTO ASFÁLTICO

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

Características	Unidades	Limites				Métodos de Ensaio
		CAP 30-45	CAP 50-70	CAP 85-100	CAP 150-200	
Penetração (100g, 5s, 25ºC)	0,1 mm	30-45	50-70	85-100	150-200	NBR 6576(10)
Ponto de amolecimento, mín.	ºC	52	46	43	37	NBR 6560(20)
Viscosidade Saybolt Furol	s					NBR 14950(11)
- a 135ºC,mín.		192	141	110	80	-
- a 150ºC,mín.		90	50	43	36	-
- a 177ºC,mín		40-150	30-150	15-60	15-60	-
Viscosidade Brookfield	cP					NBR 15184(24)
-a 135ºC, SP21 mín.20 rpm		374	274	214	155	-
-a 150ºC, SP 21mín.		203	112	97	81	-
-a 177ºC, SP 21 mín.		76-285	57-285	28-114	28-114	-
Índice de susceptibilidade térmica[1]		(-1,5) a (+0,7)	(-1,5)a (+0,7)	(-1,5)a (+0,7)	(-1,5)a 100(+0,7)	-
Ponto de fulgor, mín.	ºC	235	235	235	235	NBR 11341(21)
Solubilidade em tricloroeti-leno, mín.	%massa	99,5	99,5	99,5	99,5	NBR 14855(22)
Ductilidade a 25ºC, mín.	cm	60	60	100	100	NBR 6293(23)
Efeito do calor e do ar (RTFOT) a 163ºC, 85 mín.						
- Variação em massa[2], Max.	%	0,5	0,5	0,5	0,5	D 2872(25)
- Ductilidade a 25ºC, mín.	cm	10	20	50	50	NBR 6293(23)
- Aumento do ponto de amolecimento, max	ºC	8	8	8	8	NBR 6560(20)
-Penetração retida[3], mín.	%	60	55	55	50	NBR 6576(10)

Observações:

[1]Índice de Susceptibilidade Térmica= $\frac{(500)\ (\log PEN) + (20)\ (T^{o}C) - 1951}{120 - (50)\log PEN) + (T^{o}C)}$

onde:(TºC) = ponto de amolecimento; PEN = penetração a 25ºC, 100g, 5seg.

[2]A variação em massa (%) é definida como: $AM = \frac{M_{inicial} - M_{final}}{M_{final}} x100$

onde: $M_{inicial}$ = massa antes do ensaio RTFOT; M_{final} = massa após o ensaio RTFOT

[3]A penetração retida é definida como: $PENretida = \frac{PEN_{final}}{PEN_{inicial}} x100$

onde: $PEN_{inicial}$ = penetração antes do ensaio RTFOT; PEN_{final} = penetração após o ensaio RTFOT

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.