TÍTULO

RECICLAGEM DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EM USINA COM EMULSÃO

ÓRGÃO

DIRETORIA DE ENGENHARIA

PALAVRAS-CHAVE

Reciclagem. Pavimento. Emulsão

APROVAÇÃO	PROCESSO

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

UNGER FILHO, W. **Estudo de mistura asfáltica reciclada a frio produzida com 100% de revestimento asfáltico fresado e agente de reciclagem emulsionado**. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2019.

MINUTA

OBSERVAÇÕES

REVISÃO	DATA	DISCRIMINAÇÃO

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 Emulsão Asfáltica de Reciclagem 4
3.2 Agregado Graúdo Adicional 4
3.3 Agregado Miúdo Adicional 4
3.4 Material de Enchimento Adicional – Filer 5
3.5 Água 5
3.6 Mistura Reciclada 5
4 EQUIPAMENTOS 8
5 EXECUÇÃO 8
5.1 Segmento Experimental 8
5.2 Reciclagem do Material 9
5.3 Espalhamento do material na pista 9
5.4 Compactação 9
5.5 Acabamento 10
5.6 Abertura ao Tráfego 10
5.7 Tratamento de Superfície 10
6 CONTROLE 10
6.1 Controle dos Materiais 10
6.2 Controle 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 da Execução 13
7.3 Deflexões 14
8 CONTROLE AMBIENTAL 14
8.1 Exploração de Ocorrência de Materiais 15
8.2 Emulsão Asfáltica e Agregados - Estocagem 15
8.3 Execução 16
9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO 16

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.

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 18
ANEXO A – TABELAS DE CONTROLE 20
ANEXO B – CONTROLE ESTATÍSTICO 25
ANEXO C – ESPECIFICAÇÃO PARA EMULSÃO DE RECICLAGEM 27

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, com emprego de emulsão asfáltica de reciclagem e adição de agregados, quando necessário, de forma que o processo resulte em uma camada de ligação ou revestimento – em obras rodoviárias, sob a jurisdição do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo – DER/SP.

2 DEFINIÇÃO

A reciclagem de pavimento em usina móvel a frio com emulsão asfáltica 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; adição de emulsão asfáltica, de água, e quando necessário de agregados e fíler, espalhamento e compactação da mistura resultante.

A mistura final pode ser utilizada como camada de ligação, *binder*, ou como revestimento. Neste último caso recomenda-se aplicar um tratamento de superfície, devido ao elevado volume de vazios da mistura reciclada.

3 MATERIAIS

3.1 Emulsão Asfáltica de Reciclagem

O tipo de emulsão asfáltica de reciclagem a ser utilizada deve ser definida no projeto da mistura. Devem ser utilizadas emulsões tipo ARE-1; ARE-5; ARE-25, ARE-75, ARE-250, ARE-500. A emulsão asfáltica deve atender aos requisitos da portaria DNC n. º44, ANP, apresentado no anexo C, ou da legislação que estiver em vigor na ocasião de sua utilização.

3.2 Agregado Graúdo Adicional

Deve constituir-se por pedra britada ou seixo rolado britado, apresentando partículas sãs, limpas, duráveis, livres de torrões de argila e outras substâncias nocivas. Deve atender aos seguintes requisitos:

a) desgaste *Los Angeles* igual ou inferior a 50%, conforme NBR 16974[(1)];

b) quando obtidos por britagem de pedregulhos, 90% em massa dos fragmentos retidos na peneira nº 4, de 4,8 mm, devem apresentar no mínimo uma face fragmentada pela britagem;

c) índice de forma deve ser superior a 0,5 conforme DNIT 425/2020 - ME [(2)];

d) perda no ensaio de durabilidade, conforme DNER ME 089[(4)], em cinco ciclos, com solução de sulfato de sódio, deve ser inferior a 20% e, com sulfato de magnésio, inferior a 30%.

3.3 Agregado Miúdo Adicional

Pode constituir-se por areia, pó de pedra ou mistura de ambos. Deve apresentar partículas individuais resistentes, livres de torrões de argila e outras substâncias nocivas. Deve ser

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.

atendido, ainda, o seguinte requisito:

- o equivalente de areia do agregado miúdo, pó de pedra ou areia, deve ser igual ou superior a 55%, conforme NBR 12052[11].

3.4 Material de Enchimento Adicional – Fíler

O material de enchimento deve ser de natureza mineral finamente dividido, tal como: cimento Portland ou cal calcítica do tipo CH-1, conforme DNIT 418/2019 - EM[3]. Na aplicação, o fíler deve estar seco e isento de grumos. A granulometria a ser atendida deve obedecer aos limites estabelecidos na Tabela 1.

Tabela 1 – Granulometria do Fíler

Peneira de Malha Quadrada		% em Massa, Passando
ASTM	mm	
n° 40	0,42	100
n° 80	0,18	95 – 100
n° 200	0,075	65 – 100

3.5 Água

Deve ser examinada sempre que houver dúvida sobre a sua sanidade, conforme NBR NM 137[13].

3.6 Mistura Reciclada

O projeto da dosagem de mistura deve atender aos seguintes requisitos:

a) o teor ótimo de emulsão asfáltica recicladora do projeto de mistura asfáltica, deve corresponder àquele que atende simultaneamente a todos os requisitos da Tabela 2:

Tabela 2 – Requisitos para o Projeto de Mistura Asfáltica Reciclada com Emulsão

Características	Método de Ensaio	Exigência
Estabilidade mínima, kN, a 40ºC (75 golpes no ensaio Marshall)	DNER-ME 043[5]	5
% de Vazios Totais		Máximo de 18
Razão da estabilidade, antes e após a imersão, mínima (%)	NBR 15617[6]	70

b) o tamanho máximo do agregado da faixa adotada deve ser inferior a 2/3 da espessura da camada compactada;

c) o diâmetro máximo do agregado não deve ser superior a 1 ½” (37,5mm);

d) a composição granulométrica da mistura deve satisfazer os requisitos da Tabela 3.

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.

Tabela 3 – Composição das Misturas Asfálticas

Peneira de Malha Quadrada		% em Massa, Passando		Tolerância
ASTM	mm	I	II	
1 1/4”	31,0	100	-	
1”	25,0	90 – 100	-	± 8
¾”	19,0	80 – 100	100	± 8
½”	12,5	-	75 – 95	± 8
3/8”	9,5	45 – 80	70 – 90	± 8
Nº 4	4,75	28– 60	44 – 72	± 8
Nº 10	2,0	20 – 45	22 – 50	± 10
Nº 40	0,42	10 – 32	8 – 26	± 10
Nº 80	0,18	8 – 20	4 – 16	± 10
Nº 200	0,075	3 – 8	2 – 10	± 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 calcítica:

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 Tabela 3;

c) determinação do teor ótimo de emulsão asfáltica recicladora;

d) o projeto de mistura reciclada deve apresentar as seguintes informações:

- Granulometria do material reciclado;

- Granulometria do agregado adicional e sua procedência;

- Composição granulométrica da mistura reciclada e agregado adicional enquadrando-se na faixa determinada;

- Porcentagem de agregado adicional e sua correspondente taxa de distribuição em kg/m²;

- Teor ótimo de emulsão asfáltica recicladora.

3.6.2 Porcentagem de Agregado Adicional

A porcentagem de agregado adicional é definida como sendo a relação entre 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.

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.

4 EQUIPAMENTOS

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

O equipamento básico para a execução para execução da reciclagem de pavimento em usina com emulsão de reciclagem compreende as seguintes unidades:

a) usina móvel de reciclagem com as seguintes características:
   - unidade de peneiramento e trituração de material, para adequação granulométrica prevista no projeto de mistura com emulsão asfáltica;
   - esteira transportadora do material fresado, adequado granulo metricamente para o tambor misturador *pugmill*;
   - deve ser equipada com dispositivos eletrônicos para controlar e a injeção de emulsão e água;
   - correia transportadora da mistura reciclada para vibroacabadora.

b) vibroacabadora;

c) rolo pneumático dotado de dispositivos que permitam a mudança automática da pressão interna dos pneus, na faixa de 0,25 MPa a 0,84 MPa e peso bruto não inferior a 22,6 toneladas, é obrigatória a utilização de pneus uniformes, de modo a evitar marcas indesejáveis na mistura compactada;

d) rolo vibratório autopropelido; de rodas metálicas lisas tipo tandem com peso bruto superior a 10 toneladas e uma largura superior a 1,98 m;

e) distribuidor de agregados, quando houver incorporação adicional de agregado;

f) caminhão tanque para abastecimento de emulsão;

g) caminhão tanque para abastecimento de água;

h) pás, garfos e rodos metálicos, para operações eventuais.

5 EXECUÇÃO

5.1 Segmento Experimental

A execução do primeiro segmento de camada reciclada, que deverá ter o mínimo de 200 metros de extensão, será considerada experimental, para obtenção dos objetivos:

a) verificar se a mistura produzida em usina apresenta características que atendam as indicadas no projeto. Caso isso não ocorra, realizar um novo estudo para este fim;

b) definir o processo construtivo da camada (reciclagem em usina, equipamentos de compactação e número de passadas de cada um deles) para obter uma camada íntegra sem variações de densidade, com adequado grau de compactação em toda a espessura da camada;

c) Verificar se os equipamentos a serem utilizados na obra estão adequados, em condições de uso e suficientes para a execução da mesma (checklist dos equipamentos).

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.

As diretrizes estabelecidas no segmento experimental, desde que homologadas pelos engenheiros responsáveis da contratada e contratante, serão utilizadas na execução dos novos segmentos de reciclagem em usina, que tenham o mesmo projeto.

A execução do segmento experimental deverá atender aos itens 5.2 ao 5.7 da especificação.

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 emulsão de reciclagem e água.

Durante a execução devem ser feitam coletas de materiais a serem reciclados, para verificar o teor ligante e a umidade material, para que se efetue pequenos ajustes na adição de água e emulsão, caso seja necessário.

5.3 Espalhamento do material na pista

O material usinado deve ser transportado para o local de espalhamento por intermédio de caminhões basculantes. O material deve ser distribuído usando a acabadora autopropelida, em uma passagem contínua, sem segregações, conformando a mistura no alinhamento, cotas e abaulamentos definidos no projeto.

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

5.4 Compactação

A compactação deve começar das bordas para o eixo, nos segmentos em tangente, e da borda interna para a borda externa, isto é, do lado mais baixo para o mais alto, nos segmentos em curva. Os rolos compactadores devem cobrir uniformemente, em cada passada, pelo menos a metade da largura da passagem anterior.

Nas passagens iniciais, os rolos compactadores devem operar sem que as juntas transversais ou longitudinais, na largura de 15 cm, sejam compactadas. Depois de espalhada a camada adjacente, a compressão da junta é feita abrangendo, no mínimo, a largura de 15 cm da camada anteriormente executada.

Não é permitido mudanças de direção e inversões bruscas de marcha, durante a rolagem, e o estacionamento dos equipamentos sobre o revestimento recém rolado.

A compactação deve perdurar até que se atingida a compactação mínima especificada.

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.

5.5 Acabamento

A rolagem final, para eliminar a marca dos rolos pneumáticos deve ser executada por rolo liso estático.

5.6 Abertura ao Tráfego

Após a compactação da mistura, nenhum tráfego deve ser permitido sobre o material reciclado por pelo menos duas horas. Após duas horas, o tráfego pode ser permitido de forma controlada, verificando-se se não há desprendimento de agregados.

Quando houver desprendimento de material, o tráfego deve ser suspenso até que ocorra cura suficiente do material, e a nova liberação, também deve ser efetuada de modo controlado.

Após abertura ao tráfego, a superfície do pavimento reciclado deve ser mantida em condições adequadas para o movimento do tráfego. Todas as partículas soltas que possam estar na superfície do pavimento devem ser removidas por vassoura.

5.7 Tratamento de Superfície

Antes da aplicação de tratamento de superfície ou camada de concreto asfáltico, é necessário que a umidade do material reciclado seja reduzida a pelo menos 2%, determinado pelo método expedito da frigideira. Sob condições secas, o reciclado a frio no local deve atingir a exigência de umidade em até 48 horas.

Os tratamentos de superfície podem ser constituídos por: tratamento superficial, lama asfáltico, microrrevestimento, capa selante.

6 CONTROLE

6.1 Controle dos Materiais

6.1.1 Emulsão Asfáltica Recicladora

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

a) um ensaio de viscosidade *Saybolt Furol*, a 25 ºC, conforme NBR 14491[(7)];
b) um ensaio de resíduo asfáltico da emulsão, conforme NBR 6568[(8)];
c) um ensaio de peneiração, conforme NBR 14393[(9)].

Para cada 200 toneladas, realizar:

a) um ensaio de sedimentação, conforme NBR 6570[(10)];
b) um ensaio de destilação, conforme NBR 6568[(8)].

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

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 Agregado Adicional

a) abrasão *Los Angeles*, conforme NBR 16974[1]: 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 [2]: um ensaio no início da utilização do agregado na obra e, sempre que houver variação da natureza do material;

c) durabilidade, com sulfato de sódio e sulfato de magnésio, em cinco ciclos, conforme DNER ME 089[4]: 1 ensaio no início da utilização dos agregados na obra e sempre que houver variação da natureza do material;

Para agregado miúdo, determinar equivalente de areia, conforme NBR 12052[11]: um ensaio por jornada de 8 horas de trabalho e, sempre que houver variação da natureza do material;

6.1.3 Material de Enchimento Adicional – Fíler

Determinar a granulometria, conforme NBR 17054[12], na razão de um ensaio equivalente ao consumo de material para reciclagem 1.400 m² de pista.

6.1.4 Controle da Quantidade de Agregado Adicional

Caso seja necessária a utilização de novos agregados no processo de reciclagem, a sua quantidade deve ser controlada volume ou massa.

6.1.5 Água

Deve ser examinada sempre que houver dúvida sobre a sua sanidade, conforme NBR NM 137[13].

6.2 Controle e Execução

6.2.1 Controle do Material Fresado

O controle das características do material fresado deve ser executado na usina de maneira a se garantir as condições de projeto, e deve abranger as seguintes determinações:

a) granulometria, conforme NBR 17054[12];

b) extração de asfalto, conforme o método de ensaio DER/SP ME-DE-P00/011[14]

c) teor de umidade método expedito da frigideira.

Os resultados obtidos são parâmetros para ajuste e verificação da composição granulométrica definida no projeto de dosagem da mistura reciclada.

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.

6.2.2 Controle da Mistura Reciclada

O controle das características da mistura reciclada deve abranger:

a) extração de asfalto, conforme o método de ensaio DER/SP ME-DE-P00/011[14], 1 ensaio em amostras coletadas na pista, a cada 500 m;

b) granulometria da mistura com material resultante das extrações da alínea a, conforme NBR 17054[12];

c) ensaio *Marshall*, conforme ME-DE-P00/010[15]: moldagem de três corpos-de-prova para determinação do teor de vazios, estabilidade: um ensaio por jornada de 8 horas de trabalho.

6.2.3 Compactação Após Cura

A cada 100 m de faixa de rolamento de massa compactada, deve ser obtida uma amostra indeformada extraída com sonda rotativa, em local aproximadamente correspondente à trilha de roda externa, na faixa externa. De cada amostra extraída com sonda rotativa deve ser determinada a respectiva densidade aparente, conforme DNIT 428/2022 – ME [23].

6.3 Controle Geométrico e de Acabamento

6.3.1 Controle de Espessura e Cotas

A espessura da camada reciclada deve ser determinada através de medida direta, no máximo a cada 300 m, de superfície executada, efetuada em corpo-de-prova extraído com sonda rotativa.

A relocação e o nivelamento do eixo e bordas devem ser executados a cada 20 m, deve-se nivelar os pontos no eixo, bordas e 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 semilargura da plataforma 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 o teor de umidade tenha atingido 2% ou menos, cada 20 m por faixa alternada e 40 m na mesma faixa, através da viga *Benkelman*, conforme DNER ME 024[16], ou FWD, *Falling Weight Deflectometer*, de acordo com DNER PRO 273[17].

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 Emulsão Asfáltica Recicladora

A emulsão asfáltica é aceita se os resultados individuais dos ensaios estabelecidos no item 6.1.1 atendam à especificação da portaria DNC 44/97, anexo C, ou legislação que estiver em vigor na ocasião de sua utilização.

7.1.2 Agregados e Fíler Adicionais

Os agregados graúdos adicionais são aceitos desde que os resultados individuais de abrasão *Los Angeles*, índice de forma e perda de durabilidade atendam aos estabelecidos no item 3.2.

Os agregados miúdos são aceitos desde que os resultados individuais de equivalente areia sejam superiores a 55%.

7.1.3 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[(13)].

7.2 Produção e da Execução

7.2.1 Mistura Reciclada

As misturas são aceitas se:

a) os resultados individuais do teor final de ligante apresentem variação de no máximo ± 0,2%, do fixado em projeto;

b) a granulometria da mistura analisada estatisticamente, conforme anexo B, apresente valores mínimos e máximos dentro dos limites da faixa adotada para mistura, conforme estabelecido na Tabela 3;

c) a estabilidade e a porcentagem de vazios, quando analisados estatisticamente conforme a equação 3 e 4, do anexo B, apresente valores mínimos e máximos, respectivamente dentro dos estabelecidos na Tabela 2.

O conjunto de resultados para análise estatística deverá ser composto por no mínimo 4 e no máximo 10 resultados.

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 Compactação

O grau de compactação de cada segmento avaliado é obtido através do cálculo do valor estatístico de mínimo 4 amostras. O grau de compactação individual é determinado através da seguinte equação:

$$GC = \frac{100 \times d_{pista}}{G_{mm}}$$

Sendo:

d_{pista} = densidade aparente do corpo de prova extraído da pista;

G_{mm} = densidade máxima medida (Rice) da amostra coletada da vibroacabadora;

O grau de compactação é aceito se o valor estatístico calculado for: GC ≥ 92% e ≤ 97%.

7.2.3 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 +10 cm;

b) a espessura determinada estatisticamente, por controle bilateral, conforme equações 3 e 4 do 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) 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

b) as juntas executadas apresentem-se homogêneas, em relação ao conjunto da mistura, isentas de desníveis e saliências indesejáveis;

c) a superfície apresente-se bem desempenada, não ocorrendo marcas indesejáveis do equipamento de compressão e protegida por capa selante.

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

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.

de pavimento em usina com emulsão.

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 deve 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 arvores.

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.

8.2 Emulsão Asfáltica e Agregados - Estocagem

A estocagem da emulsão asfáltica, e agregados deve-se 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;

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.

c) os tanques de emulsão 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, estacionamento e 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 o arraste da emulsão pelas águas da chuva para os cursos d'água;

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 com a 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 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.

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 se incluem: 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

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.

necessários aos serviços, executado de forma a atender ao projeto e às especificações técnicas.

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.

DESIGNAÇÃO	UNIDADE
23.XX.XX.XX – Base Reciclada em usina com emulsão asfáltica	m³

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR **16974**. Agregados – Ensaio de resistência ao impacto e à abrasão Los Angeles. Rio de Janeiro, 2022.

2 DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 425/2020 - ME**. Pavimentação - Agregado - Determinação do índice de forma com paquímetro - Método de ensaio. Brasília, 2020.

3 ____. **DNIT 418/2019 - EM.** Pavimentação – Solo-Cal – Cal Virgem e Cal Hidratada – Especificação de material. Brasília, 2019.

4 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.

5 ____. **DNER-ME 043**. Misturas betuminosas a quente – ensaio Marshall. Rio de Janeiro, 1995.

6 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15617**. Misturas asfálticas - Determinação do dano por umidade induzida. São Paulo, 2015.

7 ____. **NBR 14491**. Emulsões asfálticas – Determinação da viscosidade Saybolt-Furol. Rio de Janeiro, 2007.

8 ____. **NBR 6568**. Emulsões asfálticas – Determinação do resíduo de destilação. Rio de Janeiro, 2005.

9 ____. **NBR 14393.** Emulsões asfálticas – Determinação da peneiração. Rio de Janeiro, 2012.

10 ____. **NBR 6570**. Ligantes asfálticos – Determinação da sedimentação e estabilidade à estocagem de emulsões asfálticas. Rio de Janeiro, 2016.

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

12 ____. **NBR 17054**. Agregados – Determinação da composição granulométrica – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2022.

13 ____. **NBR NM 137**. Argamassa e concreto - Água para amassamento e cura de argamassa e concreto de cimento Portland. Rio de Janeiro, 1997.

14 DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **ME-DE-P00/011**. Determinação do teor de asfalto por meio do forno NCAT (*Ignition Method*). São Paulo, 2021.

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.

15 DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **ME-DE-P00/010**. Projeto de Misturas Asfálticas. São Paulo, 2021.

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

17 ____. **DNER PRO 273**. Determinação das deflexões utilizando o deflectômetro de impacto tipo Falling Weight Deflectometer – FWD. Rio de Janeiro, 1996.

18 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.**NBR 6567.** Ligantes asfálticos - Emulsões asfálticas – Determinação da carga de partícula. Rio de Janeiro, 2015.

19 ____. **NBR 14756.** Materiais betuminosos – Determinação da viscosidade cinemática. Rio de Janeiro, 2001.

20 ____. **NBR 15235.** Materiais asfálticos – Determinação do efeito do calor e do ar em uma película delgada rotacional. Rio de Janeiro, 2009.

21 ____. **NBR 14736**. Materiais asfálticos - Determinação do efeito do calor e do ar - Método da película delgada. Rio de Janeiro, 2001.

22 ____. **ASTM D 2007**. Test Method for Characteristic Groups in Rubber Extender and Processing Oils by the Clay Gel Adsorption Chromatographic Method. Pennsylvania, 1997.

23 ____. **DNIT 428/2022 - ME**. Pavimentação – Misturas asfálticas – Determinação da densidade relativa aparente e da massa específica aparente de corpos de prova -– Método de ensaio. Brasília, 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 Emulsão Asfáltica Recicladora				
Viscosidade Saybolt Furol, a 25ºC um ensaio	NBR 14491[7]	Para todo carregamento de emulsão que chegar à obra, devem ser realizados	Resultados individuais	Atender a portaria DNC 44/97 – Anexo C
Resíduo asfáltico da emulsão	NBR 6568[8]			
Peneiração	NBR 14393[9]			
Sedimentação	NBR 6570[10]	Para cada 200 tonelada		
Destilação	NBR 6568[8]			
1.2 Agregado Graúdo Adicional				
Abrasão *Los Angeles*	NBR 16974[1]	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 425/2020 – ME [2]			≥ 0,5
Durabilidade, com sulfato de sódio e magnésio, em cinco ciclos	DNER ME 089[4]			Sulfato de sódio < 20% Sulfato de magnésio < 30%
1.3 Agregado Miúdo Adicional				
Equivalente de areia	NBR 12052[11]	1 ensaio por jornada de 8 horas de trabalho e sempre que houver variação da natureza do material.	Resultados individuais	≥ 55%
1.4 Fíler – Adicional				
Análise granulométrica	NBR 17054[12]	na razão de um ensaio equivalente ao consumo de material para reciclagem 1.400 m² de pista.	Resultados individuais	Seja uniforme ao longo da reciclagem

/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	NBR 137[13]	Sempre que houver dúvida sobre a sanidade da água	Resultados Individuais	Atender NM 137[13]
2. CONTROLE DE PRODUÇÃO e EXECUÇÃO				
2.1 Material Fresado				
Granulometria	NBR 17054[12]	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
Extração de ligante.	ME-DE-P00/011[14]			
Teor de umidade	Método expedito da frigideira			
2.2 Material Reciclado				
Extração de ligante	ME-DE-P00/011[14]	1 ensaio em amostras coletadas na pista, a cada 500m	Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	± 0,2 %
Análise granulométrica da Mistura	NBR 17054[12]	Material resultante da extração do ligante		Aceita, quando as variações (LIE e LSE) estiverem compreendidas entre os limites da faixa adotada conforme Tabela 3 do item 3.5
Extração de amostra indeformada Determinar a densidade aparente do corpo de prova de cada corpo de prova extraído e correspondente e o grau de compactação	Extração com sonda rotativa DNIT 428/2022 - ME[23]	A cada 100 m de faixa de rolamento compactada	Cálculo Estatístico $GC = \frac{100 \times d_{pista}}{G_{mm}}$	O grau de compactação é aceito se: o valor estatístico for $GC_2 \geq 92\%$ e $< 97\%$.

/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
3. CONTROLE GEOMÉTRICO E ACABAMENTO				
Alinhamento da plataforma Largura da plataforma	Relocação e Nivelamento da seção transversal Medidas de trena	A cada 20 m	Resultados individuais	Não apresente valores individuais da semilargura inferiores ao previstos e os desvios verificados no alinhamento não excedam a +10 cm.
Espessura	Extração de corpos de prova	A cada 300 m de faixa reciclada	Controle Bilateral $X = \overline{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \overline{X} + K_1 S \leq LSE$ no mínimo 4 e no máximo 10 amostras Resultados individuais	± 2 cm E Não apresente resultados individuais fora do intervalo de ± 3 cm em relação à espessura revista em projeto.
Acabamento da superfície	Duas réguas, uma de 1,20m e outra 3,0m 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 0,5cm.
A verificação do acabamento da superfície da camada deve ser feita também em bases visuais e será aceita se: - As juntas executadas apresentem-se homogêneas, em relação ao conjunto da mistura, isentas de desníveis e saliências indesejáveis; - A superfície apresente-se bem desempenada, não ocorrendo marcas indesejáveis do equipamento de compactação.				

/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 LORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
4. DEFLEXÕES				
Determinação das deflexões	Viga Benkelman DNER ME 024[16] ou FWD DNER PRO 273[17]	A cada 20 m por faixa alternada, após a mistura atingir teor de umidade de 2% ou menos (a cada 40 m na mesma faixa)	Controle Unilateral $X = \bar{X} + KS \leq LSE$ Análise de no mínimo 15 amostras	A deflexão característica de cada subtrecho deve ser menor ou igual ao valor admitido 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 ($\bar{X}$)	$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{N}$	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)	$S = \sqrt{\frac{\sum(\bar{X} - X_i)^2}{N-1}}$	
Controle Unilateral		
3 – Controle pelo limite inferior 4- Controle pelo limite superior	$X = \bar{X} - KS \geq LIE$ Ou $X = \bar{X} + KS \leq LSE$	
Controle Bilateral		
5 – Controle pelo limite inferior e superior	$X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$	

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 EMULSÃO DE RECICLAGEM

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		UN	ESPECIFICAÇÕES						MÉTODOS	
ENSAIOS SOBRE A EMULSÃO	**Viscosidade Saybolt – Furol SSF a 25º C**	Seg.	ARE-1	ARE-5	ARE-25	ARE-75	ARE-250	ARE-500	ABNT	ASTM
			70 máx.	70 máx.	70 máx.	70 máx.	70 máx.	70 máx.	NBR 14491(7)	
	Sedimentação	% p	5 máx.	5 máx.	5 máx.	5 máx.	5 máx.	5 máx.	NBR 6570(10)	
	Peneiração 0,84 cm	% p	0,1 máx.	0,1 máx.	0,1 máx.	0,1 máx.	0,1 máx.	0,1 máx.	NBR 14393(9)	
	Carga de Partícula		N.A.	+	+	+	+	+	NBR 6567(18)	
	Destilado Solvente destilado resíduo	% v % p	Nula 60 min	Nula 60 min	Nula 60 min	Nula 60 min	Nula 60 min	Nula 60 min	NBR 6568(8)	
ENSAIOS SOBRE O RESÍDUO	**Viscosidade Cinemática a 60 º C**	cST	50-175	176-900	901-4500	4501-12500	12501-37500	37501-60000	NBR 14756(19)	
	Teor de Saturados	% p	30 máx.	30 máx.	30 máx.	30 máx.	30 máx.	30 máx.		D 2007(22)
	Efeito do calor e ar a 163ºC Razão de Viscosidade Variação de Massa	% p	4 4 máx.	4 4 máx.	4 3 máx.	4 3 máx.	4 3 máx.	4 3 máx.	NBR 14736(21) ou NBR 15235(20)	

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.