TÍTULO

RECICLAGEM DE PAVIMENTO ASFÁLTICO *IN SITU* COM BRITA

ÓRGÃO

DIRETORIA DE ENGENHARIA

PALAVRAS-CHAVE

Reciclagem. Pavimento. Brita.

APROVAÇÃO	PROCESSO

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM DO ESTADO DO PARANÁ. **DER/PR ES-P 34/05**. Pavimentação: Reciclagem de pavimento *in situ* com estabilização granulométrica. Curitiba, 2005.

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 3
2 DEFINIÇÃO 3
3 MATERIAIS 3
3.1 Agregado Adicional 3
3.2 Água 3
3.3 Mistura Reciclada 3
4 EQUIPAMENTOS 5
5 EXECUÇÃO 6
5.1 Segmento Experimental 6
5.2 Reciclagem 7
5.3 Compactação 7
5.4 Acabamento 8
5.5 Abertura ao Tráfego 8
6 CONTROLE 8
6.1 Controle dos Materiais 8
6.2 Controle de Execução 9
6.3 Controle Geométrico e de Acabamento 10
6.4 Deflexões 10
7 ACEITAÇÃO 10
7.1 Materiais 10
7.2 Execução 11
7.3 Deflexões 12
8 CONTROLE AMBIENTAL 12
8.1 Exploração de Ocorrência de Materiais 12
8.2 Execução 13
9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO 13
10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 14
ANEXO A – TABELAS DE CONTROLE 15
ANEXO B – CONTROLE ESTATÍSTICO 21

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 *in situ* com brita, e de modo a obter uma base reciclada, constituída pelos materiais de fresagem do pavimento, adição de agregados e água 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 *in situ* a frio com adição de agregado é o processo de restauração de pavimento executado no local, com reaproveitamento total ou parcial do revestimento existente, eventualmente utilização de parte ou de toda base granular existente, incorporação de agregados e adição de água, espalhamento e compactação da mistura resultante, obtendo-se desta forma uma nova base do pavimento, isto é, uma base reciclada.

3 MATERIAIS

3.1 Agregado Adicional

Os agregados incorporados aos materiais reciclados devem ser constituídos por pedra britada, pó de pedra. Devem apresentar fragmentos duros, limpos e duráveis, livres do excesso de partículas lamelares ou alongadas, macias ou de fácil desintegração, assim como de outras substâncias ou contaminações prejudiciais;

a) desgaste no ensaio de abrasão *Los Angeles*, conforme NBR 16974(1), inferior a 50%;

b) equivalente de areia do agregado miúdo, conforme NBR 12052(2), superior a 55%;

c) índice de forma superior a 0,5, conforme DNIT 425/2020 - ME(3);

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%.

3.2 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(5).

3.3 Mistura Reciclada

A mistura reciclada com os agregados adicionais deve apresentar as seguintes características:

a) CBR $\geq$ 80% e expansão $\leq$ 0,3%, conforme NBR 9895(6), na energia modificada, para $N \leq 5 \times 10^6$;

b) CBR $\geq$ 100% e expansão $\leq$ 0,3%, conforme NBR 9895(6), na energia modificada, para $N \geq 5 \times 10^6$;

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) a curva granulométrica do material ou mistura de materiais deve ser contínua e deve enquadrar-se em uma das faixas da tabela 1; para qualquer condição de tráfego;

d) as faixas granulométricas da tabela 2, somente podem ser adotadas para tráfego com $N < 10^6$;

e) os materiais de diâmetro máximo inferior a 0,42 mm devem possuir limite de liquidez, LL, determinado conforme NBR 6459(7); inferior a 25%, e índice de plasticidade inferior a 6%.

Tabela 1 – Faixas Granulométricas, para Qualquer Condição de Tráfego

Peneira de Malha Quadrada		% em Massa, Passando							Tolerância
ASTM	mm	A	B	C	D	E	F	G	
2”	50	100	100			100	100		
1 ½”	37,5					90-100	-		± 8
1”	25,0	-	75 – 95	100	100		82 – 90	100	± 8
¾”	19,0					50 – 68	-	-	± 8
3/8”	9,5	30 – 65	40 – 75	55 – 85	60 – 100	30 – 46	60 – 75	50 – 85	± 8
nº 4	4,8	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85	20 – 34	45 – 60	35 – 65	± 8
nº 10	2,0	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70		32 – 45	25 – 50	± 5
nº 40	0,42	8 – 20	15 – 30	15 – 30	20 – 50	4 – 12	22 – 30	15 – 30	± 5
n° 200	0,075	2 – 8	5 – 15	5 – 20	5 – 20	1 – 4	10 – 15	5 – 20	± 3

Tabela 2 – Faixas Granulométricas para tráfego com $N < 5x\ 10^6$

Peneira de Malha Quadrada		% em Massa Passando		Tolerância
ASTM	mm	A	B	
1”	25,0	100	100	
Nº 4	4,8	55 – 100	70 – 100	± 8
Nº 10	2,0	40 – 100	55 – 100	± 5
Nº 40	0,42	20 – 55	30 – 70	± 5
Nº 200	0,075	8 – 25	10 – 25	± 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.

3.3.1 Determinação da Composição da Mistura Reciclada

Para definição do projeto de mistura dos materiais reciclados e dos agregados adicionais é necessário que seja feita rigorosa investigação das camadas a serem recicladas. Devem ser efetuadas coletas de amostras através de furos de sondagem ou com auxílio da própria recicladora, a cada 500 m de pista. Devem ser realizadas as seguintes determinações:

a) espessura das camadas existentes, revestimento e base;

b) determinação da granulometria e teor de umidade dos materiais, base e revestimento;

c) é fundamental que a coleta de amostras seja executada de forma a cobrir todas as possíveis variações das camadas a serem recicladas;

d) o trecho a ser reciclado deve ser classificado em subtrechos homogêneos, isto é, com camadas a serem recicladas com características semelhantes, granulometria, espessura, umidade etc.;

e) para cada subtrecho homogêneo de materiais deve ser elaborado um projeto de mistura específico.

f) o projeto de mistura deve apresentar as seguintes informações:

- granulometria do material reciclado (revestimento + base);
- 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;
- limite de liquidez e plasticidade, conforme NBR 6459(7) e NBR 7180(10), respectivamente, do material que passa na peneira de abertura 0,42 mm,
- massa específica aparente seca máxima e umidade ótima da mistura composta (energia modificada).
- CBR e expansão, conforme NBR 9895[(6)] na energia modificada.

3.3.2 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.

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 de pavimento *in situ* com brita compreende as seguintes unidades:

a) recicladora, que deve possuir as seguintes características:

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.

- largura mínima efetiva do tambor fresador de 2m; com diferentes velocidades de rotação e dotado de ferramenta de corte de fácil substituição;
- câmara de mistura dotada de dispositivo para permitir a fragmentação da capa asfáltica e assim restringir o diâmetro máximo admissível;
- deve ser autopropelida e ter a capacidade de pulverizar e misturar o pavimento na espessura mínima de 12,0 cm em uma única passada;
- deve ser equipada com dispositivos para controlar a profundidade de corte;
- possuir acessórios específicos para injeção e dosagem da água, de forma a umedecer a mistura reciclada deixando-a no teor ótimo de compactação;

b) distribuidor de agregados;

c) caminhão tanque para abastecimento de água;

d) motoniveladora;

e) rolo vibratório liso, tipo tandem vibratório;

f) rolo vibratório tipo pé de carneiro;

g) rolo pneumático de pressão variável.

h) a composição do conjunto de compactadores deve ser determinada experimentalmente. O conjunto de rolos compactadores deve assegurar a compacidade adequada sem produzir alterações de densidade ou esmagamento de partículas.

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 *in situ* 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, equipamentos de compactação e número de passadas de cada um deles) para obter uma camada integra 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 dela (checklist dos equipamentos).

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 *in situ*, que tenham o mesmo projeto.

A execução do segmento experimental deverá atender aos itens 5.2 ao 5.5 da especificação.

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.

5.2 Reciclagem

A operação de fresagem do revestimento existente, incorporação dos agregados, adição de água ocorrem simultaneamente. A mistura é processada no interior da recicladora e em seguida espalhada e compactada.

A água e os agregados adicionados ao material reciclado devem ser previamente dosados em laboratório.

O agregado adicional deve ser espalhado na quantidade determinada, a fim de atender a porcentagem determinada no projeto da mistura, com emprego de distribuidor de agregados.

A reciclagem do pavimento deve ser executada na extensão e espessura de corte indicada no projeto, incorporando-se simultaneamente o agregado adicional, com a concomitante adição de água, nas quantidades fixadas pelo projeto de dosagem, tendo como parâmetro para umedecimento a umidade ótima definida no ensaio de compactação da mistura reciclada.

Imediatamente após a passagem da recicladora deve ser realizada a pré-compactação para confinar a mistura reciclada e evitar perdas de umidade à medida que a recicladora avança. O equipamento de compactação vem imediatamente atrás da recicladora, para dar consistência à mistura antes que qualquer conformação geométrica seja feita pela motoniveladora.

Após a pré-compactação deve ser realizada a conformação inicial dos perfis transversais e longitudinais da camada com emprego de motoniveladora.

Devem ser tomadas todas as precauções a fim de serem evitados os processos que levem a segregação da mistura reciclada.

Com objetivo de evitar a criação de juntas transversais no processo da reciclagem deve-se ter atenção no sentido de minimizar as paradas. Caso haja alguma paralisação temporária, deve ser feita uma marca no local exato da parada da recicladora. Para o reinício dos serviços a recicladora deve voltar alguns metros e reiniciar o corte sem adição de materiais e água para compactação. No momento em que atingir o local marcado o operador deve reinicias a reciclagem.

5.3 Compactação

Após a conformação da mistura reciclada, deve-se iniciar imediatamente a operações de compactação. A compactação deve iniciar-se das bordas para 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 metade da largura coberta na passagem anterior.

O desvio máximo admitido do teor de umidade da mistura reciclada é de -2,0 % a +1% em relação à umidade ótima, o grau de compactação deve ser igual ou superior a 100%, em relação à massa específica aparente seca máxima, ambas obtidas no ensaio de compactação, conforme NBR 7182[(8)], na energia modificada.

O teor de umidade é a variável mais crítica na obtenção da densidade mínima exigida.

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.

Devido o tempo decorrido entre a reciclagem e o acabamento, se necessário deve-se aspergir água na superfície, com o auxílio do caminhão tanque distribuidor de água.

Eventuais manobras do equipamento de compactação que impliquem variações direcionais prejudiciais devem se processar fora da área de compressão.

A compactação deve ser conduzida de modo que a espessura compactada final seja de no máximo 20 cm, e nunca inferior a 12 cm.

5.4 Acabamento

O acabamento é executado mediante o emprego de motoniveladora atuando exclusivamente em operação de corte. Complementarmente, a camada de base reciclada recebe um número adequado de coberturas com emprego de rolos compactadores utilizados.

A imprimação da camada de base reciclada deve ser realizada após a conclusão da compactação, tão logo se constate a evaporação do excesso de umidade superficial.

5.5 Abertura ao Tráfego

A liberação do tráfego da camada reciclada só é permitida após a cura da imprimação, por período de pelo menos 12 horas, e proteção adequada com salgamento da camada.

6 CONTROLE

6.1 Controle dos Materiais

6.1.1 Agregado Adicional

Devem ser executados os seguintes ensaios nos agregados graúdos:

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(3): 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, 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 o equivalente de areia, conforme NBR 12052(2): um ensaio por jornada de 8 horas de trabalho e sempre que houver variação da natureza do material.

6.1.2 Água

Deve ser examinada sempre que houver dúvida sobre a sua sanidade, conforme NBR NM 137(5).

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 Controle de Execução

6.2.1 Controle do Material Fresado

O controle das características do material fresado deve ser executado em cada subtrecho homogêneo, com no mínimo uma determinação a cada 3.500 m² de pista, e deve abranger as seguintes determinações:

a) granulometria conforme NBR 17054(9);

b) teor de umidade pelo método expedito da frigideira.

A cada 30m determinar:

a) espessura de corte, imediatamente após a passagem da recicladora; a tolerância admitida é ± 1,0 cm da definida em projeto;

b) espessura das camadas de revestimento e da base

Os resultados obtidos são parâmetros para ajuste e verificação da composição granulométrica definida no projeto de dosagem da mistura reciclada, e confirmação dos segmentos de materiais homogêneos.

6.2.2 Controle da Base Reciclada

O controle das características e execução da base reciclada deve abranger:

a) determinação da taxa de agregado adicional em kg/m², por intermédio de colocação de bandejas, de peso e área conhecidos, para coleta de material durante o espalhamento do agregado na pista; 2 determinações por jornada de 8 h de trabalho;

b) determinação da densidade aparente seca máxima, umidade ótima, CBR e expansão, conforme NBR 7182(8) e NBR 9895(6), sendo 1 ensaio cada 500 m^2 de mistura e toda vez que houver indícios de variação de material;

c) granulometria da mistura reciclada de amostras obtidas na pista durante o espalhamento, conforme NBR 17054 (9), sendo 1 ensaio a cada 500 m², e sempre que houver indícios de variação da granulometria da mistura;

d) determinar o limite de liquidez e plasticidade, conforme NBR 6459(7) e NBR 7180(10), respectivamente, do material que passa na peneira de abertura 0,42 mm, 1 determinação a cada 500m²;

e) determinação do teor de umidade, 1 determinação a cada 250 m^2 de pista, imediatamente antes do espalhamento; se o desvio da umidade estiver compreendido no intervalo de -2,0 % a + 1,0 % da umidade ótima, o material pode ser liberado para compactação;

f) determinação do teor de umidade, da massa específica aparente seca *in situ*, conforme NBR 7185(11), e o respectivo grau de compactação imediatamente após a conclusão da camada, a cada 500 m^2; a partir dos valores de densidade aparente seca máxima obtida na alínea b.

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.

6.3 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 do Alinhamento e Largura

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.

A superfície não deve apresentar locais com ocorrência de segregação.

6.4 Deflexões

As deflexões recuperáveis exigidas em projeto devem ser verificadas a cada 20 m por faixa alternada e 40 m na mesma faixa, através da viga Benkelman, conforme DNER ME 024[(12)], ou FWD, *Falling Weight Deflectometer*, conforme DNER PRO 273[(13)].

7 ACEITAÇÃO

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

7.1 Materiais

7.1.1 Agregado Adicional

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 3.1.

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

7.1.2 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[(5)].

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 Execução

7.2.1 Taxa de Agregado Adicional

A taxa de agregado adicional analisada estatisticamente, através da equação 3 e 4 do anexo B, é aceita se apresentar valores mínimos e máximos entre ± 15 % em relação à taxa dosagem.

7.2.2 CBR e Expansão da Mistura

Os resultados individuais de CBR e expansão são aceitos desde que:

a) para $N \leq 5 \times 10^6$, seja igual ou superior a 80% e expansão igual ou menor a 0,3%;

b) para $N \geq 5 \times 10^6$, seja igual ou superior a 100% e expansão igual ou menor a 0,3%.

7.2.3 Granulometria da Mistura e Limite de Liquidez e Plasticidade

Os resultados da granulometria da mistura, quando analisados estatisticamente para conjuntos de no mínimo 4 amostras, através do controle bilateral conforme anexo B, são aceitos desde que apresentem variação máxima definida pela faixa de trabalho correspondente.

Os resultados do limite de liquidez e plasticidade do material com diâmetro inferior a 0,42 mm devem ser inferiores a 25% e 6%, respectivamente.

7.2.4 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 amostras, através da equação 3 do anexo B sejam iguais ou superiores a 100%.

7.2.5 Geometria e Acabamento

Os serviços executados são aceitos quanto à geometria desde que:

a) as variações individuais das cotas obtidas estejam compreendidas no intervalo de -2 a +1 cm em relação à de projeto;

b) não se obtenham diferenças nas espessuras superiores a 10% em relação a espessura de projeto, em qualquer ponto da camada;

c) não se obtenham valores individuais da semilargura da plataforma ou faixa recicladas inferiores as de projeto;

d) o abaulamento transversal esteja compreendido na faixa de ± 0,5 % em relação ao valor de projeto, não se admitindo depressões que propiciem o acúmulo de água.

O acabamento da superfície será 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;

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.

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, sem vestígios de segregação, não ocorrendo marcas indesejáveis do equipamento de compactação.

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 definida 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 com brita.

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 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;

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.

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

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

d) 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;

e) 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;

f) 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;

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

9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

Os serviços devem ser medidos em metros cúbicos de base reciclada, cujo volume é calculado multiplicando-se as extensões obtidas a partir do estaqueamento pela área da seção transversal de projeto.

Os serviços recebidos e medidos da forma descrita são pagos conforme os respectivos preços unitários contratuais, nos quais estão inclusos: 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
23.13.03 – Base de reciclada de pavimento in situ a frio com 10% de agregado adicional	m^3
23.13.03.01 – Acréscimo de 15% de agregado adicional na base base reciclada de pavimento in situ a frio	m^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.

23.13.03.02 – Acréscimo de 20% de agregado adicional na base base reciclada de pavimento in situ a frio m^3

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

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

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 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.

6 ____. **NBR 9895**. Solo – Índice de suporte Califórnia (ISC) - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2016.

7 ____. **NBR 6459**. Solo – Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 2016.

8 ____. **NBR 7182**. Solo – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 2016.

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

10 ____. **NBR 7180**. Solo - Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 2016.

11 ____. **NBR 7185** – Determinação da massa específica aparente, *in situ*, com emprego do frasco de areia. Rio de Janeiro, 2016.

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

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

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.

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
1. CONTROLE DOS MATERIAIS				
1.1 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(3)			Índice de forma ≥ 0,5
Durabilidade, com sulfato de sódio ou magnésio, em cinco ciclos	DNER ME 089(4)			Sulfato de sódio < 20% Sulfato de magnésio < 30%
Equivalente de areia, do agregado miúdo	NBR 12052(2)	1 ensaio por jornada de 8 h de trabalho e sempre que houver variação da natureza do material.	Resultados individuais	≥ 55%
1.2 Água				
Qualidade da água	NBR NM 137(5)	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

/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
2. CONTROLE DA EXECUÇÃO				
2.1 Material Fresado				
Granulometria	NBR 17054 (9)	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	Método expedito da frigideira			
Determinação da espessura do corte	trena	Uma determinação a cada 30 m	Resultados Individuais	tolerância admitida é ± 1,0 cm da definida em projeto
Determinação da espessura das camadas, revestimento e base.				Parâmetro de controle
Os resultados obtidos são parâmetros para ajuste e verificação da composição granulométrica definida no projeto de dosagem da mistura reciclada, e confirmação dos segmentos de materiais homogêneos				
2.2 Base Reciclada				
Determinação da taxa de agregado adicional	Pesagens de bandejas	dois ensaios, por jornada de 8 horas trabalho	Controle Bilateral $X = \overline{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \overline{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 amostras	± 15 % da taxa de projeto
Densidade seca máxima, umidade ótima	NBR 7182(8)	1 ensaio a cada 500 m² e todas as vezes que houver indícios de variação da natureza do material	Resultados individuais	Parâmetro de controle

/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
CBR e expansão, na energia modificada	NBR 9895[6]	1 ensaio a cada 500 m² e todas as vezes que houver indícios de variação da natureza do material	Resultados Individuais	para $N \leq 5 \times 10^6$, CBR ≥ 80% expansão ≤ 0,3%; para $N \geq 5 \times 10^6$, CBR ≥ 100% expansão ≤ 0,3%;
Análise granulométrica da mistura	NBR 17054 [9]		Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ no mínimo 4 amostras	Aceita, quando as variações (LIE e LSE) estiverem compreendidas entre os limites da faixa de trabalho da mistura
Material que passa na peneira 0,42mm Limite de liquidez Limite de plasticidade	NBR 6459[7] NBR 7180[10]	1 ensaio a cada 500 m² e todas as vezes que houver indícios de variação da natureza do material	Resultados individuais	LL < 25% IP < 6%
Teor de umidade	Método expedito da frigideira	A cada 250 m² de pista, imediatamente antes da compactação da camada	Resultados individuais	-2 a +1% da umidade ótima, pode ser liberado para compactação
Determinação da massa específica aparente *in situ*, e o correspondente grau de compactação	NBR 7185[11]	1 determinação a cada 500 m² de pista	Resultados Individuais ou Controle Estatístico Unilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ no mínimo 4 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.

/continuação

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
3. CONTROLE GEOMÉTRICO E ACABAMENTO				
Espessuras e cotas	Relocação e nivelamento topográfico Medidas de trena	A cada 20m, no eixo, bordas e dois pontos intermediários.	Resultados individuais	Variação no eixo longitudinal e das cotas das bordas, nas seções transversais não devem ser superiores a - 2,0 à +1,0cm 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 1,20m 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, sem vestígios de segregação, 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.

/conclusão

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
4. DEFLEXÕES				
Determinação das deflexões	Viga Benkelman DNER ME 024[12] ou FWD DNER PRO 273[13]	A cada 100 m por faixa alternada (a cada 200 m na mesma faixa)	Controle Unilateral $X = \overline{X} + KS \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 amostras	A deflexão característica de cada subtrecho deve ser a definida 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.