TÍTULO

RECICLAGEM DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EM USINA COM CIMENTO

ÓRGÃO

DIRETORIA DE ENGENHARIA

PALAVRAS-CHAVE

Reciclagem. Brita. Cimento.

APROVAÇÃO	PROCESSO

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM DO ESTADO DO PARANÁ. **DER/PR ES-P 33/05**. Pavimentação: Reciclagem de pavimento *in situ* com adição de cimento. Curitiba, 2005.

DERSA DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S.A. **ET-P00/036** – Reciclagem *in situ* à frio com cimento (ET Provisória). São Paulo, 1997.

ENGELOG. **EN-000/00-0000.00-GER-A1-PV/ES-E-017-R1** - Especificação particular para execução de reciclagem em usina com adição de cimento. São Paulo, 2013.

OBSERVAÇÕES

REVISÃO	DATA	DISCRIMINAÇÃO

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

ÍNDICE

1 OBJETIVO 3
2 DEFINIÇÃO 3
3 MATERIAIS 3
3.1 Agregado Adicional 3
3.2 Cimento 3
3.3 Água 3
3.4 Mistura Reciclada 3
4 EQUIPAMENTOS 5
5 EXECUÇÃO 6
5.1 Segmento Experimental 6
5.2 Reciclagem 6
5.3 Transporte 6
5.4 Compactação 7
5.5 Acabamento 7
5.6 Cura 7
5.7 Abertura ao Tráfego 7
6 CONTROLE **8**
6.1 Controle dos Materiais 8
6.2 Controle de Execução 8
6.3 Controle Geométrico e de Acabamento 9
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

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

1 OBJETIVO

Definir os critérios que orientam a execução, aceitação e medição dos serviços de reciclagem de pavimento em usina com cimento Portland, de modo obter uma base reciclada, constituída pelos materiais de reciclagem do pavimento, com adição de brita quando necessário e de cimento e água, 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 a frio com cimento é o processo de restauração de pavimento executado em usina, com equipamento apropriado, com reaproveitamento total ou parcial do revestimento existente, normalmente com incorporação de parte ou toda base existente, adição de cimento Portland, água e, quando necessário, incorporação de agregado, 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

O agregado graúdo, eventualmente incorporado aos materiais reciclados para correção granulométrica da mistura, deve ser constituído por pedra britada, que apresentem fragmentos duros, limpos e duráveis, livres do excesso de partículas lamelares ou alongadas, macias 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(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 Cimento

O cimento Portland deve atender às especificações do DNER ME 036(5) e NBR 16697(6).

3.3 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(7).

3.4 Mistura Reciclada

A mistura reciclada com cimento e com eventual adição agregados deve apresentar as seguintes características:

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

a) a porcentagem em massa de cimento a ser incorporada a mistura reciclada deve ser fixada de modo a atender a resistência à compressão simples e à tração no ensaio de compressão diametral, ambas aos 28 dias, fixadas no projeto da estrutura do pavimento;

b) a composição granulométrica do material reciclado, juntamente com agregado adicional, quando necessário, e o cimento Portland, deve satisfazer aos requisitos da tabela 1;

c) a faixa de trabalho, definida a partir da curva granulométrica de projeto, deve obedecer à tolerância indicada para cada peneira na tabela 1, porém respeitando os limites da faixa granulométrica.

Tabela 1 – Faixa Granulométrica

Peneira de Malha Quadrada		% em Massa, Passando	Tolerâncias
ASTM	Mm		
1	25,4	100	-
3/4"	19,1	90– 100	± 5
3/8"	9,5	60 – 80	± 5
N° 4	4,8	35 – 65	± 5
n° 10	2,0	15 – 45	± 5
n° 40	0,42	3 – 20	± 2
n° 200	0,075	2 – 8	± 2

3.4.1 Determinação da Composição da Mistura Reciclada

Para definição do projeto de mistura devem ser efetuadas coletas de amostras do material fresado, dos agregados adicionais e do cimento Portland:

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 1;

c) determinação do teor ótimo de umidade e a densidade aparente máxima da mistura (com o cimento incorporado) na energia modificada de compactação;

d) a porcentagem de cimento a ser adicionado deve considerar os parâmetros de resistência do material reciclado, respeitando as indicações do projeto.

e) 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, agregado adicional e cimento enquadrando-se na faixa determinada;

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

- porcentagem de cimento e sua correspondente taxa de distribuição em kg/m²;

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

3.4.2 Teor de Cimento

Define-se teor de cimento em massa a relação entre a massa de cimento e a massa da mistura final, multiplicado por 100.

O teor de cimento, em massa, deve estar entre 1,5 e 3,0%, e a dosagem deve estar sempre de acordo com os valores de resistência indicados em projeto. Devem ser apresentadas as curvas de resistência a compressão simples e tração por compressão diametral em função dos teores de cimento para definição adequada do teor de projeto.

3.4.3 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.

3.4.4 Aditivos

Caso seja necessário o uso de aditivos retardadores de pega do cimento no projeto de mistura, estes devem atender a norma NBR 11768[(8)].

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 em usina com cimento compreende as seguintes unidades:

a) Usina, que deve possuir as seguintes características:

   - deve ser constituída de, no mínimo, dois silos, um para material fresado (RAP) e outro para material de correção granulométrica (agregado adicional);

   - dispositivo para rejeitar o sobre tamanho dos agregados virgens e do material fresado na boca de alimentação, via peneira vibratória. Deve ser capaz de dosar os materiais e possuir sistema de dosagem para aglomerantes hidráulicos ou outro tipo de fíler;

   - o misturador deve ser do tipo pug-mill bi-pá.

b) silo para cimento;

c) caminhão tanque para abastecimento de água;

d) motoniveladora;

e) vibroacabadora;

f) rolo vibratório liso, tipo tandem vibratório;

g) rolo vibratório tipo pé de carneiro;

h) rolo pneumático de pressão variável;

i) pás, garfos e rodos metálicos.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

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 considerado 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).

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 5.7 da especificação.

5.2 Reciclagem

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 do cimento Portland na mistura por meio de sistema de injeção de fíler da própria usina;

d) adição de água.

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

5.3 Transporte

O material reciclado transportado até a obra deverá ser protegido por lonas para evitar a perda de umidade durante seu transporte ao local de espalhamento.

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

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

5.4 Compactação

A operação de espalhamento será executada por vibroacabadora, de modo que a mistura fique em condições de ser compactada, sem conformação suplementar.

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, e 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[(10)], na energia modificada.

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.

O intervalo de tempo decorrido entre a incorporação do cimento à mistura na usina e o início da compactação não deve ser superior ao início de pega do cimento, estimado em cerca de 2:30 horas. Caso a estimativa de tempo seja superior a este período, o projeto de mistura deve prever uso de aditivos retardadores de pega do cimento para estender esse período, limitando em no máximo 3 horas adicionais.

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 é compactada até que se apresente lisa e isenta de partes soltas ou sulcadas.

5.6 Cura

A superfície da base reciclada com cimento deve ser protegida contra a evaporação da água por meio de uma pintura com emulsão asfáltica tipo RR-2C. 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.

5.7 Abertura ao Tráfego

A base reciclada com cimento não deve ser liberada à ação do tráfego. A fiscalização poderá, em caráter excepcional, autorizar a abertura ao tráfego desde que a camada apresente, na ocasião, resistência compatível com a solicitação de carga e que a imprimação esteja completamente rompida, curada e protegida por um salgamento para criação de uma camada de proteção mecânica da base reciclada.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

6 CONTROLE

6.1 Controle dos Materiais

6.1.1 Agregado Adicional

Devem ser executados os seguintes ensaios nos agregados graúdos, eventualmente adicionados:

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

6.1.2 Cimento

Determinar a finura, conforme NBR 11579(11) a cada 600 m³ de mistura a ser reciclada, ou quando houver dúvidas sobre a sua sanidade do cimento.

6.1.3 Água

Deve ser examinada sempre que houver dúvida sobre a sua sanidade, conforme NBR NM 137(7).

6.2 Controle de 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 cada 500 m^3 do material estocado:

a) granulometria conforme NBR 17054(12);

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;

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.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

6.2.2 Controle da Base Reciclada

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

a) 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;

b) determinação da densidade seca máxima e umidade ótima, conforme NBR 7182(10), 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(12), sendo 1 ensaio a cada 500 m², e sempre que houver indícios de variação da granulometria da mistura;

d) determinação do teor de umidade, da massa específica aparente seca in situ, conforme NBR 7185(9), e o respectivo grau de compactação imediatamente após a conclusão da camada, a cada 500 m^2; a partir dos valores de densidade seca máxima obtida na alínea b;

e) moldagem de corpos de prova, em moldes cilíndricos de 15 cm de diâmetro e 30 cm de altura, em 5 camadas compactadas com energia modificada para determinação da resistência à compressão simples aos 28 dias de cura, conforme NBR 5739(13), a cada 500 m² de pista, e a cada 750 m² de pista aos 7 dias; para avaliar os resultados iniciais em relação à resistência final a ser atingida;

f) determinação da resistência à tração por compressão diametral, de amostras coletadas na pista, aos 28 dias de cura, conforme NBR 7222(14), a cada 500 m^2 de pista;

Logo após a moldagem, os corpos de prova devem ser cobertos com um pano molhado por período mínimo de 24 horas e devem ser a seguir desmoldados e levados para cura, em câmara úmida até idade do ensaio à compressão e resistência a tração.

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.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

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

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[(15)], ou FWD, *Falling Weight Deflectometer*, de acordo com DNER PRO 273[(16)].

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 Agregados

Os agregados graúdos adicionais são aceitos desde que os resultados individuais de abrasão *Los Angeles*, índice de forma, lamelaridade 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 Cimento Portland

Todo carregamento de cimento que chegar à obra deve vir acompanhado de certificado de qualidade que ateste atendimento da DNER ME 036[(5)] e da especificação NBR 16697[(6)], para o cimento Portland comum e para cimento Portland de alto-forno.

Os resultados individuais de resíduo retido 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.

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[(7)].

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

7.2 Execução

7.2.1 Teor de Cimento

A variação individual admitida para o teor cimento é de ± 0,3 ponto percentual do teor ótimo de cimento definido no projeto da mistura.

7.2.2 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.

7.2.3 Granulometria da Mistura

Os resultados da granulometria dos agregados e da mistura, quando analisados estatisticamente para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, através do controle bilateral conforme anexo B, devem apresentar variação máxima definida dentro da faixa de trabalho da mistura.

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 e no máximo 10 amostras, através da equação 3 do anexo B, sejam iguais ou superiores a 100%.

7.2.5 Resistência à Compressão Simples e a Tração

O resultado da análise estatística da resistência característica estimada à compressão simples e a tração por compressão diametral, obtidas através da equação 3 do anexo B, deve ser maior ou igual a resistências definida no projeto da estrutura do pavimento. Os lotes devem ser formados por no mínimo quatro e no máximo dez corpos de prova.

Não são admitidos no ensaio de compressão diametral valores individuais de resistência à compressão simples e à tração inferiores a 95% das resistências especificadas no projeto da estrutura do pavimento.

7.2.6 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 5% em relação a espessura de projeto, em qualquer ponto da camada;

c) não se obtenham valores individuais da semilargura da plataforma ou faixa reciclada 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.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

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;

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 adição de cimento e eventualmente agregados.

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;

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

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 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 proibido 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;

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 acabada, 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: material fresado, 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.XX.XX.XX- Base reciclada de pavimento em usina a frio, com adição de cimento	m^3

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

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 DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **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 ____. **DNER-ME 036**. Solo - determinação da massa específica aparente, *"in situ"*, com emprego do balão de borracha. Rio de Janeiro 1994

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

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

8 ____. **NBR 11768.** Aditivos químicos para concreto de cimento Portland Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2019.

9 ____. **NBR 7185**. Solo - Determinação da massa específica aparente, "in situ", com emprego do frasco de areia. Rio de Janeiro, 2016.

10 ____. **NBR 7182**. Solo – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 2020.

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

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

13 ____. **NBR 5739**. Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

14 ____. **NBR 7222**. Argamassa e concreto – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.

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

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

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

MINUTA

ANEXO A – TABELAS DE CONTROLE

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

1. CONTROLE DOS MATERIAIS				
ENSAIO	**MÉTODO**	**FREQUÊNCIA**	**CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS**	**ACEITAÇÃO**
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)			≥ 0,5
Durabilidade, com sulfato de sódio ou magnésio	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 Cimento				
Cimento Portland – Requisitos Finura	NBR 16697(6) NBR 11579(11)	1 determinação a cada 600m³ de mistura a ser reciclada, ou quando houver dúvida sobre a sua sanidade.	Resultados Individuais	Certificado de qualidade que ateste o atendimento DNER ME 036(5) e da NBR 16697(6) e resíduo na peneira 0,075 ≤ 10%
1.3 Água				
Qualidade da água	NBR NM 137(7)	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

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[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
Teor de umidade	Método expedito da frigideira			
Determinação da espessura	Trena	Uma determinação a cada 30 m	Resultados Individuais	Tolerância admitida é ± 5% da definida em projeto
Os resultados obtidos são parâmetros para ajuste e verificação da composição granulométrica definida no projeto de dosagem da mistura reciclada.				
2.2 Base Reciclada				
Determinação do teor de cimento	Verificação na usina	dois ensaios, por jornada de 8 horas trabalho	Resultados Individuais	± 0,3 ponto percentual do teor ótimo de cimento definido no projeto da mistura.
Determinação da taxa de agregado adicional			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	± 15% toda taxa de projeto

/continua

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
Teor de umidade	Método expedito da frigideira	A cada 250 m^2 de pista, imediatamente antes do espalhamento da camada	Resultados individuais	-2 a +1% da umidade ótima, pode ser liberado para compactação
Ensaio de compactação, na energia modificada	NBR 7182(10)	1 ensaio a cada 500 m² e sempre que a curva granulométrica da mistura se achar fora da faixa de trabalho	Resultados Individuais	Parâmetro de controle
Análise granulométrica da Mistura	NBR 17054(12)	A cada 500 m², de camada acabada.	Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	Aceita, quando as variações (LIE e LSE) estiverem compreendidas entre os limites da faixa de trabalho da mistura.
Determinação da massa específica aparente *in situ*, e o correspondente grau de compactação	NBR 7185(9)	1 determinação a cada 500 m^2 de pista	Controle Estatístico Unilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	Resultados Individuais GC ≥ 100% ou GCest ≥ 100%.
Moldagem corpos de prova cilíndrico de 15cm de diâmetro e 30 cm de altura, em 5 camadas resistência à compressão simples aos 7 e 28 dias de cura.	NBR 5739(13)	1 determinação a cada a cada 500 m^2 de pista, aos 28 dias e a cada 750m² aos 7 dias de cura	Controle Estatístico Unilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e no mínimo 4 e no máximo 10 exemplares	Não serão admitidos valores individuais inferiores a 90% do Fckproj Fckest ≥ Fckproj
Determinação da resistência a tração por compressão diametral, aos 28 dias de cura	NBR 7222(14)	um ensaio a cada 500m²		Não serão admitidos valores individuais inferiores a 90% do Fct Fctest ≥ Fctproj

/continua

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 a +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

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 NDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
4. DEFLEXÕES				
Determinação das deflexões	Viga Benkelman DNER ME 024[15] ou FWD DNER PRO 273[16]	A cada 20 m por faixa alternada (a cada 40 m na mesma faixa)	Controle Unilateral $\bar{X} = \bar{X} + KS \leq LSE$ Análise de no mínimo 15 amostras	A deflexão característica de cada subtrecho deve ser a definida em projeto

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	$X = \overline{X} - KS \geq LIE$ Ou	
4 - Controle pelo limite superior	$X = \overline{X} + KS \leq LSE$	
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.