



**Departamento de  
Estradas de  
Rodagem do  
Estado do Paraná  
DER/PR**

Avenida Iguaçu, 420,  
Curitiba, Paraná,  
CEP 80230-902  
Fone (41) 3304-8000  
Fax (41) 3304-8130  
[www.der.pr.gov.br](http://www.der.pr.gov.br)

**DER/PR ES-PA 34/23**

**PAVIMENTAÇÃO:  
RECICLAGEM DE PAVIMENTO “IN SITU”, COM  
ESTABILIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA**

Especificações de Serviços Rodoviários  
Aprovada pelo Conselho Diretor, em 11/04/2023  
Deliberação n.º 111/2023  
Esta especificação substitui a DER/PR ES-P 34/05  
Autor: DER/PR (DT/CPD)

Palavras-chave: base, reciclagem,  
estabilização granulométrica

19 páginas

**RESUMO**

Este documento define a sistemática empregada na execução de reciclagem a frio “in situ” do pavimento, com estabilização granulométrica. Aqui são definidos os requisitos técnicos relativos aos materiais, equipamentos, execução, controle de qualidade, manejo ambiental, além dos critérios para aceitação, rejeição, medição e pagamento dos serviços. Para a aplicação desta especificação é essencial a obediência, no que couber, à DER/PR ES-IG 01/23.

**SUMÁRIO**

- 0 Prefácio
- 1 Objetivo
- 2 Referências
- 3 Definições
- 4 Condições gerais
- 5 Condições específicas
- 6 Manejo ambiental
- 7 Controle interno de qualidade
- 8 Controle externo de qualidade
- 9 Critérios de aceitação e rejeição
- 10 Critérios de medição
- 11 Critérios de pagamento

## 0 PREFÁCIO

Esta especificação de serviço estabelece a sistemática empregada na execução, no controle de qualidade, nos critérios de medição e pagamento do serviço em epígrafe, tendo como base as referências técnicas de aplicações recentes realizadas no país, tendo como base a Especificação de Serviço DER/PR ES-P 34/05.

## 1 OBJETIVO

Estabelecer a sistemática a ser empregada na seleção do produto e sua aplicação em camadas recicladas de pavimentos rodoviários em obras sob a jurisdição do DER/PR.

## 2 REFERÊNCIAS

As normas aqui relacionadas contêm disposições que, ao serem citadas neste texto, constituem-se em material de consulta, obrigatória, para o entendimento desta especificação particular.

As edições indicadas estavam em vigor no momento da elaboração deste documento. Como toda norma está sujeita a revisão ou substituição, recomenda-se àqueles que utilizarem esta especificação particular, que verifiquem a conveniência de usarem as edições mais recentes das normas citadas a seguir:

ABNT NBR 14376/2019	- Determinação do teor do resíduo seco de emulsões asfálticas convencionais ou modificadas
ANP Resol. nº 36/2012	- Emulsões asfálticas para Pavimentação e as emulsões asfálticas catiônicas modificadas por polímeros elastoméricos
CONTRAN 2022	- Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – VOLUME VII – Sinalização Temporária
DEINFRA-SC ES - P09/16	- Pavimentação: reciclagem profunda de pavimentos
DER/PR	- Manual de Execução de Serviços Rodoviários do DER/PR
DER/PR	- Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias
DER/PR ES-PA 17/22	Pavimentação: pinturas asfálticas
DER/SP ET-DE-P00/036	Reciclagem de pavimento asfáltico in situ com brita
DNER - ME 122/94	- Solos – determinação do limite de liquidez - método de referência e método expedito
DNER-ME 024/94	- Pavimento – determinação das deflexões pela viga Benkelman
DNER-ME 035/98	- Agregados – determinação da abrasão “Los Angeles”
DNER-ME 054/97	- Equivalente de areia
DNER-ME 080/94	- Solos – análise granulométrica por peneiramento
DNER-ME 082/94	- Solos – determinação do limite de plasticidade
DNER-ME 083/98	- Agregados – análise granulométrica
DNER-ME 089/94	- Agregados – avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio

DNER-ME 092/94	- Solos – determinação da massa específica aparente, “in situ”, com emprego do frasco de areia
DNER-ME 172/16	- Solos – determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas
DNER-ME 196/98	- Agregados - determinação do teor de umidade total, por secagem, em agregado graúdo
DNER-PRO 277/97	- Metodologia para controle estatístico de obras e serviços
DNIT 133/2010-ME	- Pavimentação asfáltica – delineamento da linha de influência longitudinal da bacia de deformação por intermédio da viga Benkelman
DNIT 134/2018-ME	- Solos – Determinação do Módulo de Resiliência
DNIT IPR 700/97	- Glossário de Termos Técnicos Rodoviários
DNIT IPR 742/10	- Manual de Implantação Básica de Rodovia
DNIT- PRO 011/04	- Gestão da qualidade em obras rodoviárias
DNIT 164/2013-ME	- Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas
DNIT-ME 417/19	- Solos – Controle de Compactação com Equipamento Densímetro Eletromagnético
Lei nº 6.514/77 - CLT – Art. 200	- Normas Regulamentadoras – NR da Segurança e da Medicina do Trabalho

### **3 DEFINIÇÕES**

- 3.1 Base reciclada “in situ” com estabilização granulométrica: é a mistura reciclada no local com o emprego de equipamentos próprios para esta finalidade, utilizando-se material do pavimento existente, agregados adicionais (eventuais) e água, em proporções previamente determinadas em laboratório, misturada, espalhada e compactada, de forma a compor uma nova camada de base do pavimento.
- 3.2 Estabilização granulométrica: é o processo segundo o qual uma camada granular, em condições ótimas de umidade e de máxima densificação, obtida através de eficiente processo de compactação, desenvolve estabilidade e resistência compatíveis com a sua função estrutural.
- 3.3 Relação de trituração revestimento/material granular: é a relação entre a espessura do revestimento que será triturada juntamente com a espessura de corte da camada de base, incluindo a adição de agregado virgem (formam a espessura do material granular). É recomendável que nos projetos de reciclagem do pavimento com estabilização granulométrica, esta relação esteja menor que 40%. Teores elevado de material do revestimento tendem a dificultar a compactação reduzindo o módulo resiliente da camada.

### **4 CONDIÇÕES GERAIS**

- 4.1 Não é permitida a execução dos serviços, objeto desta especificação:
- a) sem o preparo prévio da superfície, caracterizado por sua limpeza e reparação preliminar, se necessário;

- b) sem a implantação prévia da sinalização do serviço, conforme Normas Regulamentadoras (NR) do Ministério do Trabalho e Previdência, o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito do CONTRAN, Volume VII – Sinalização Temporária e o que eventualmente esteja especificado no projeto de engenharia e/ou nos Termos de Referência do Edital;
- c) sem a prévia orientação dos funcionários quanto ao uso adequado, guarda, conservação e higienização dos EPIs, bem como a exigência de seu uso durante as atividades a serem desenvolvidas, conforme previsto nas Normas Regulamentadoras (NR);
- d) sem o devido licenciamento/autorização ambiental conforme Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias do DER/PR;
- e) sem a aprovação prévia pela Fiscalização do DER/PR, do projeto de dosagem;
- f) em dias de chuva no local de execução do serviço.

## 5 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

5.1 Materiais: todos os materiais utilizados devem satisfazer às especificações aprovadas pelo DER/PR.

### 5.1.1 Agregados adicionais

- a) os agregados adicionais eventualmente utilizados, obtidos a partir da britagem e classificação de rocha sã, devem ser constituídos por fragmentos duros, limpos e duráveis, livres de excesso de partículas lamelares ou alongadas, macias ou de fácil desintegração e de outras substâncias ou contaminações prejudiciais;
- b) quando submetidos à avaliação da durabilidade com solução de sulfato de sódio, em cinco ciclos, pelo método DNER-ME 89/94, os agregados adicionais utilizados devem apresentar perdas inferiores aos seguintes limites:
  - b.1) agregados graúdos: 12%;
  - b.2) agregados miúdos: 15%.
- c) para o agregado retido na peneira no 10, a percentagem de desgaste no ensaio de abrasão Los Angeles (DNER-ME 35/98) não deve ser superior a 50%;
- d) o agregado miúdo deve ser apresentar equivalente de areia (DNER-ME 054/97) igual ou superior a 40%.

**Nota 01:** na trituração do revestimento e camada de base, o tambor de corte tende a reduzir o tamanho dos grãos graúdos. Por outro lado, o corte do revestimento, devido ao aquecimento, tende a gerar grumos da parte fina, reduzindo a percentagem de finos na mistura triturada. Para enquadrar o material triturado em uma faixa granulométrica, geralmente é necessária a adição de 10 a 20% de agregado virgem.

### 5.1.2 Água

Deve ser isenta de teores nocivos de sais, ácidos, álcalis, de matéria orgânica e outras substâncias prejudiciais.

### 5.1.3 Emulsão

A emulsão a ser empregada na imprimação deve atender à Resolução nº 36/2012 da ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás e Biocombustíveis).

## 5.2 Características da mistura reciclada

5.2.1 A composição granulométrica da camada reciclada estabilizada granulometricamente pode estar enquadrada em uma das faixas mostradas nos Quadros 1 e 2.

a) para qualquer condição de tráfego;

Quadro 1 – Faixas granulométricas para camada reciclada, estabilizada granulometricamente, para qualquer nível de tráfego

<b>Faixas granulométricas para camada reciclada, estabilizada granulometricamente, para qualquer nível de tráfego</b>								
<b>Peneira de malha quadrada</b>		<b>Porcentagem passando, em peso</b>						
<b>ABNT</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>VII</b>
2"	50,8	100	100	-	-	100	-	-
1 1/2"	38,1	-	-	-	-	90-100	100	100
1"	25,4	-	75-90	100	100	-	-	77-100
3/4"	19,1	-	-	-	-	50-85	60-95	66-88
3/8"	9,5	30-65	40-75	50-85	60-100	35-65	40-75	46-71
n°4	4,8	25-55	30-60	35-65	50-85	25-45	25-60	30-56
n°10	2,0	15-40	20-45	25-50	40-70	18-35	15-45	20-44
n°40	0,42	8-20	15-30	15-30	25-45	8-22	8-25	8-25
n°200	0,074	2-8	5-15	5-20	5-20	3-9	2-10	5-10

b) para tráfego leve ou médio ( $N < 5 \times 10^6$ );

Quadro 2 – Faixas granulométricas para camada reciclada, estabilizada granulometricamente, para tráfego leve ou médio

<b>Faixas granulométricas para camada reciclada, estabilizada granulometricamente, para tráfego leve ou médio</b>			
<b>Peneira de malha quadrada</b>		<b>Porcentagem passando, em peso</b>	
<b>ABNT</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>VIII</b>	<b>IX</b>
1"	25,4	100	100
n°4	4,8	55-100	70-100
n°10	2,0	40-100	55-100
n°40	0,42	20-50	30-70
n°200	0,074	6-20	8-25

c) outras faixas granulométricas podem ser utilizadas, sob aprovação da Fiscalização do DER/PR, desde que integrantes de especificações de outros órgãos rodoviários nacionais ou internacionais reconhecidamente adequadas, e respaldadas por experiências nacionais bem-sucedidas.

5.2.2 Para efeito de controle e aceitação do serviço, deve ser definida uma faixa granulométrica de trabalho, baseada na granulometria adotada na dosagem da mistura, acrescida das tolerâncias indicadas no Quadro 3, em cada peneira:

Quadro 3 – Tolerâncias para os limites granulométricos, em cada peneira

<b>Tolerâncias para os limites granulométricos, em cada peneira</b>		
<b>Peneira de malha quadrada</b>		<b>Tolerâncias em relação à granulometria de projeto, em percentagem</b>
<b>ABNT</b>	<b>Abertura (mm)</b>	
2"	50,80	-
1 1/2"	38,10	± 8
1"	25,40	± 8
3/4"	19,10	± 8
3/8"	9,50	± 8
nº4	4,80	± 8
nº10	2,00	± 5
nº40	0,42	± 5
nº200	0,074	± 3

5.2.3 O agregado retido na peneira nº 10 não deve ter partículas moles nem impurezas nocivas, devendo apresentar perda máxima no ensaio de abrasão Los Angeles (método DNER-ME 35/98) de 50%.

5.2.4 O limite de liquidez (DNER-ME 122/94) deve ser igual ou inferior a 25%, e o índice de plasticidade igual ou inferior a 6%.

5.2.5 O índice de suporte Califórnia (DNIT-ME 172/16) e a expansão, para a energia Modificada, devem apresentar os seguintes valores mínimos:

- para  $N \leq 5 \times 10^6$ :  $ISC \geq 60\%$ ;
- para  $N > 5 \times 10^6$ :  $ISC \geq 80\%$ ;
- expansão  $\leq 0,3\%$ .

5.2.6 Os materiais reciclados utilizados devem ser isentos de matéria vegetal e impurezas prejudiciais.

5.3 Orientações para a dosagem de mistura reciclada

5.3.1 Coleta de amostras

- a coleta de amostras para subsidiar a dosagem da mistura reciclada, deve ser efetuada, necessariamente, com o auxílio da própria recicladora que é utilizada nos serviços de reciclagem;
- é fundamental que a coleta de amostras para a definição dos projetos de dosagem seja feita de forma a cobrir todas as possíveis variações da estrutura do pavimento existente. A cada uma destas variações corresponde um segmento homogêneo, para o qual deve ser elaborado um projeto de dosagem específico.

**Nota 02:** na fase de projeto, não se consegue reproduzir em laboratório a trituração do revestimento e base propiciada pela recicladora. No procedimento, determina-se a espessura de

cutte com a relação revestimento/base e o peso do material correspondente a um volume conhecido de trituração (área de 1 m<sup>2</sup> x profundidade de corte).

5.3.2 Os procedimentos adicionais de coleta de amostras são definidos em instrução específica do DER/PR.

## 5.4 Equipamentos

5.4.1 É de responsabilidade da contratada assegurar que todo equipamento alocado para a execução da obra esteja em perfeitas condições de uso, no que tange à sua manutenção, regulação e aspectos de segurança de operação, de maneira a garantir a qualidade do serviço. A qualquer momento a Fiscalização do DER/PR poderá solicitar a substituição do equipamento que não apresente desempenho satisfatório na execução do serviço indicado.

5.4.2 Os equipamentos utilizados são os seguintes:

- a) distribuidor de agregados;
- b) recicladora, com as seguintes características:

- b.1) o equipamento deve ter dispositivo eletrônico de regulação de espessura de corte da camada do pavimento;
- b.2) largura mínima efetiva de reciclagem, em uma passada, de 2 m;
- b.3) possuir acessórios específicos para injeção e dosagem de água.

- c) caminhão-tanque para o abastecimento de água;
- d) motoniveladora;
- e) rolo vibratório autopropelido;
- f) rolo de pneumáticos de pressão variável;
- g) rolos corrugados (pé-de-carneiro pata curta).

5.4.3 A utilização de outros equipamentos além dos mencionados, ou em sua substituição, deverá ser analisada e aprovada pela fiscalização, porém não serão objeto de pagamento suplementar.

## 5.5 Execução

5.5.1 A responsabilidade civil e ético-profissional pela qualidade, solidez e segurança da obra ou do serviço é da executante.

5.5.2 Para a perfeita execução e bom acompanhamento e fiscalização do serviço, são definidos no documento “Informações e Recomendações de Ordem Geral”, procedimentos a serem obedecidos pela executante e pela Fiscalização do DER/PR, relativos à execução prévia e obrigatória de segmento(s) experimental(is).

**Nota 03:** na execução do(s) segmentos(s) experimental(is) tem caráter orientativo e de treinamento da equipe com equipamentos disponibilizados pela construtora, com os materiais empregados. Na execução deverão ser avaliados: a) granulometria da mistura triturada e a necessidade de adição de agregado virgem para atender aos requisitos de granulometria; b) relação de corte entre espessura do revestimento e espessura da camada de base cortada; c) compactação da mistura para determinação da umidade ótima e massa específica aparente



seca máxima (energia do Proctor modificado); d) avaliar a uniformidade do espalhamento e consistência da mistura com ajustes na velocidade da recicladora e teor de umidade; f) definir o número de passadas dos rolos pé-de-carneiro, rolo liso e rolo de pneus para se atingir a massa específica aparente de projeto (ou grau de compactação especificado em projeto); g) medição da deflexão; h) levantamento de bacias de deflexão para se avaliar a rigidez da camada e, através da técnica da retroanálise, se estimar o módulo resiliente da camada reciclada; i) a técnica usada pelo empresa para a execução das juntas transversais; j) a técnica usada pelo empresa para a execução das juntas longitudinais; l) outras que a Fiscalização do DER/PR julgar pertinente.

**Nota 04:** após a definição do projeto da mistura reciclada estabilizada granulometricamente, recomenda-se que seja realizado ensaio de módulo resiliente, avaliado de acordo com a norma DNIT-ME 181/2018.

**Nota 05:** na falta de procedimento mais apropriado aprovado pelo DER/PR, admite-se que o nível deflectométrico admissível para a camada de rolamento possa ser estabelecido a partir de medidas realizadas na execução do(s) segmento(s) experimental(is) e utilizando-se: a) um software de análise de sistema de camadas elástico linear; b) valor de módulo resiliente obtido conforme **Nota 04**, ou o intervalo de módulos resilientes médios de misturas recicladas estabilizadas granulometricamente empregadas no estado do Paraná executadas com agregados de igual embasamento rochoso; c) resultados de caracterização mecânica deste tipo de mistura apresentados em teses e dissertações; d) medida da deflexão para definir o nível deflectométrico a ser controlado durante a execução da obra; e) medida da bacia de deflexão para estimativa do módulo resiliente da mistura reciclada em campo através da técnica de retroanálise.

**Nota 06:** após a obtenção dos resultados dos ensaios realizados e resultados obtidos no(s) segmento(s) experimental(is), a construtora deverá apresentar à Fiscalização do DER/PR um Relatório contendo os resultados obtidos para análise e aprovação da mistura reciclada e processo construtivo. A empresa deverá também apresentar à Fiscalização do DER/PR um Relatório de Avaliação o Dimensionamento da Estrutura do Pavimento, aplicando o mesmo procedimento adotado pela projetista contido no Projeto Final de Engenharia, para atender aos requisitos estruturais exigidos pelo tráfego do período de projeto. A partir da análise dos resultados contidos no Relatório, caberá à Fiscalização do DER/PR dar provimento e aprovação da solução técnica a ser adotada para a reciclagem do pavimento.

5.5.3 Após as verificações realizadas no segmento experimental, comprovando-se sua aceitação por atender aos limites definidos nesta especificação, deve ser emitido Relatório do Segmento Experimental com as observações pertinentes feitas pela Fiscalização do DER/PR, as quais devem ser obedecidas em toda a fase de execução deste serviço pela executante.

5.5.4 No caso de rejeição dos serviços do segmento experimental por desempenho insatisfatório quanto aos limites especificados nos ensaios ou incorreção na espessura da camada reciclada, a solução indicada é a de refazer o segmento experimental em outro local.

5.5.5 A reciclagem “in situ” do pavimento deve ser executada nas condições e sequência a seguir descritas:

**Nota 07:** caso o trecho a ser reciclado apresente segmentos cuja condição estrutural requerem a execução de reparos profundos, estes deverão ser executados antes do início da reciclagem. A execução dos reparos profundos deve atender a norma DER/PR ES-PA 13, exceto as exigências do item 8.5 (condições de recebimento em definitivo da obra por parte do DER/PR). Após a conclusão dos reparos profundos, o processo de reciclagem deve ser executado nas condições e sequência a seguir descritas, isto é, os segmentos reparados são reciclados igualmente ao restante do trecho. Este procedimento tem como objetivo propiciar que o processo da reciclagem nestes segmentos resulte em uma estrutura de pavimento com igual comportamento do ponto de vista da mecânica dos pavimentos e de desempenho estrutural e funcional semelhante ao restante do trecho.



**Nota 08:** caso em algum segmento do trecho se tenha a necessidade de inserção de dispositivos para aumentar a segurança do pedestre ou melhora das condições e operação da rodovia, o alargamento do acostamento antes do início da reciclagem. Esta execução deve ser tratada como um pavimento novo e, como tal, deverá atender a todas as normas de especificação de serviços do DER/PR envolvidas na execução do alargamento do acostamento, exceto nos itens relativos às condições de recebimento em definitivo da obra por parte do DER/PR. Após a conclusão do alargamento do acostamento, o processo de reciclagem deve ser executado nas condições e sequência a seguir descritas, isto é, estes segmentos são reciclados igualmente ao restante do trecho. Este procedimento tem como objetivo propiciar que o processo da reciclagem nestes segmentos resulte em uma estrutura de pavimento com igual comportamento do ponto de vista da mecânica dos pavimentos e de desempenho estrutural e funcional semelhante ao restante do trecho.

**Nota 09:** no caso da necessidade de implantação de uma terceira faixa, o pavimento deve ser executado até a espessura da camada de base prevista em projeto. Esta execução deve ser tratada como um pavimento novo e, como tal, deverá atender a todas as normas de especificação de serviços do DER/PR envolvidas na execução do alargamento do acostamento. Após a conclusão da camada de base da terceira faixa, se necessário, deverá ser espalhado o agregado virgem sobre o pavimento existente para enquadramento da granulometria da mistura triturada. Na sequência, o desnível remanescente entre a faixa de rolamento do pavimento existente e a camada de base da terceira faixa deverá ser preenchido com o mesmo material e granulometria empregado na execução da camada de base e ser compactado na mesma energia. O processo de reciclagem deve ser executado, então, nas condições e sequência a seguir descritas, isto é, estes segmentos são reciclados igualmente ao restante do trecho. Este procedimento tem como objetivo propiciar que o processo da reciclagem nestes segmentos não gere uma trinca longitudinal de execução e resulte em uma estrutura de pavimento com igual comportamento do ponto de vista da mecânica dos pavimentos e de desempenho estrutural e funcional semelhante ao restante do trecho.

- a) espalhamento do agregado adicional, na espessura determinada (se requerido), preferencialmente com emprego de distribuidor de agregados. Opcionalmente, é admitido o emprego de motoniveladora;
- b) reciclagem na seção e espessura de corte indicada em projeto, incorporando-se o agregado adicional (se requerido), com a concomitante adição de água, de acordo com o projeto de dosagem.

**Nota 10:** caso a espessura do revestimento existente propicie na trituração uma relação revestimento/material granular superior a 40%, recomenda-se uma prévia fresagem de parte da espessura da camada de revestimento. A fresagem terá uma espessura de corte tal que possibilite que a relação revestimento/material granular fique ao redor de 35%. O material fresado poderá ser empregado no nivelamento do acostamento com a pista de rolamento, antes da execução da reciclagem.

**Nota 11:** caso se tenha a necessidade de execução de segmentos em faixas de rodagem para permitir passagem de tráfego local, as juntas longitudinais devem ser planejadas para que não ocorram em região da futura trilha de rodagem.

**Nota 12:** especial atenção deve ser dada na largura da superposição do tambor da recicladora em faixas adjacentes, evitando-se que se tenha uma região com excesso de umidade. Recomenda-se que, caso a recicladora dispor deste recurso, os bicos de injeção de água sobre o tambor reciclador sejam fechados na largura da superposição. Regiões localizadas com excesso de umidade favorecem o desenvolvimento de trincas longitudinais.

**Nota 13:** é recomendável que a reciclagem abranja também o acostamento para que se tenha continuidade quanto ao comportamento da estrutura. Caso o acostamento apresente desnível muito elevado, recomenda-se um nivelamento prévio com a pista de rolamento. Este nivelamento poderá ser feito com uma composição de material fresado e agregado virgem. Após espalhamento, o material deve receber uma compactação para facilitar o deslocamento da recicladora e caminhão de abastecimento de água.

**Nota 14:** a construtora deverá manter uma equipe de sondagem do pavimento para a definição da espessura da camada do revestimento asfáltico e coleta de amostra do revestimento e da base para ajustar a espessura de corte e o projeto da mistura reciclada ao longo do trecho. Recomenda-se que a sondagem seja realizada a cada 100 metros e que a equipe de sondagem esteja, pelo menos, a uma semana de trabalho na frente da recicladora.

#### 5.5.6 Conformação inicial da camada reciclada

- a) imediatamente após a atuação da recicladora, segue-se a atuação de rolos pé-de-carneiro para uma compactação inicial do colchão fofo. Para dar velocidade ao processo, recomenda-se o emprego de dois rolos;
- b) na sequência, atua a motoniveladora, de modo a conformar inicialmente a camada reciclada aos perfis transversais e longitudinais de projeto. Todas as precauções devem ser tomadas a fim de serem evitados processos que levem à segregação da mistura reciclada.

#### 5.5.7 Compactação

- a) imediatamente após a conformação inicial, executa-se a compressão com o emprego de rolo vibratório autopropelido tipo pé-de-carneiro, até se atingir o número de passadas estabelecidos no segmento experimental. A superfície deve ficar levemente marcada com as sapatas do rolo corrugado;
- b) ao término destas passadas, se for o caso, atua novamente a motoniveladora para mais uma conformação da camada (transversal e longitudinal). O acabamento deve ser com a lâmina cortando a superfície;
- c) a sequência da compactação ocorre com o emprego de rolos lisos vibratórios, sendo concluída com rolos pneumáticos que assegurem a obtenção, em toda a espessura da camada, da massa específica aparente especificada;
- d) a compactação da camada deve ser executada, idealmente, no ramo seco, com umidade cerca de 1% abaixo da ótima obtida no ensaio de compactação. De qualquer forma, o teor da umidade da mistura, por ocasião da compactação, deve estar compreendido no intervalo de -2% a +1% em relação à umidade ótima.

**Nota 15:** deve-se ajustar a logística da execução dos “panos” diários para que o conjunto dos equipamentos de reciclagem, compactação e acabamento de superfície tenham condições de atingir o grau de compactação especificado em projeto dentro desta janela de tempo. Este tempo deve ser ajustado na execução do segmento experimental. Em dias de forte insolação, altas temperaturas e com atuação de ventos, deve-se dar especial atenção para se manter as condições de umidade na superfície durante toda a etapa de compactação e acabamento final da camada.

- e) eventuais manobras do equipamento de compactação que impliquem em variações direcionais prejudiciais devem se processar fora da área de compactação;
- f) a compactação deve evoluir até que se obtenha o grau de compactação mínimo de 100%, em relação à massa específica aparente seca máxima obtida no ensaio DNIT-ME 164, executado com a energia Modificada;
- g) em lugares inacessíveis ao equipamento de compressão, ou onde seu emprego não for recomendável, a compactação requerida é feita com emprego de compactadores portáteis, manuais ou mecânicos.

### 5.5.8 Acabamento e proteção

- a) o acabamento é executado mediante o emprego de motoniveladora atuando exclusivamente em operação de corte. Complementarmente, a camada recebe um número adequado de coberturas com o emprego dos rolos compactadores utilizados;
- b) caso o grau de compactação seja atendido, será medida da deflexão, conforme **Nota 05**;
- c) a imprimação da camada reciclada deve ser realizada após a conclusão da compactação, tão logo se constate a evaporação do excesso de umidade superficial. Antes da aplicação da pintura betuminosa, a superfície deve ser perfeitamente limpa, mediante emprego de processos e equipamentos adequados. A pintura de imprimação deverá seguir a norma DER/PR ES-PA 17.

### 5.5.9 Abertura ao tráfego

A liberação ao 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 MANEJO AMBIENTAL

6.1 Nas operações destinadas à execução dos serviços objeto desta especificação com o objetivo de preservação ambiental, devem ser observadas e adotadas as soluções e procedimentos relacionados ao tema ambiental, definidos nos documentos técnico-normativos pertinentes vigentes no DER/PR, na legislação ambiental, nas recomendações e exigências dos órgãos ambientais, e na documentação técnica vinculada à execução da obra (Projeto de Engenharia, Programas Ambientais etc.).

6.2 Quando utilizado material pétreo como agregado complementar os seguintes cuidados devem ser observados na exploração das ocorrências de materiais:

- a) a brita somente é aceita após apresentação da licença ambiental de operação da pedreira, cuja cópia da licença deve ser arquivada junto ao Livro de Ocorrências da obra;
- b) deve ser apresentada a documentação atestando a regularidade das instalações (pedreira e britagem), assim como sua operação junto ao órgão ambiental competente, caso estes materiais sejam fornecidos por terceiros;
- c) evitar a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação ambiental;
- d) planejar adequadamente a exploração da pedreira de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e possibilitar a recuperação ambiental, após a retirada de todos os materiais e equipamentos;
- e) impedir queimadas como forma de desmatamento;
- f) construir junto às instalações de britagem, bacias de sedimentação e barreiras de siltagem para retenção do pó de pedra, eventualmente produzido em excesso ou por lavagem da brita, evitando seu carreamento para cursos d'água.

6.3 Devem ser obedecidos os seguintes princípios, quanto à operação:

- a) os cuidados para a preservação ambiental se referem à disciplina do tráfego e ao estacionamento dos equipamentos;
- b) deve ser proibido o tráfego desordenado dos equipamentos fora do corpo estradal, para evitar danos à vegetação e interferências à drenagem natural;
- c) as áreas destinadas ao estacionamento e aos serviços de manutenção dos equipamentos devem ser localizadas de forma que resíduos de lubrificantes e/ou combustíveis não sejam levados até os cursos d'água.

## 7 CONTROLE INTERNO DE QUALIDADE

7.1 Compete à executante a realização de testes e ensaios que demonstrem a seleção adequada dos insumos e a realização do serviço de boa qualidade e em conformidade com esta Especificação.

7.2 As quantidades de ensaios para controle interno de execução, referem-se às quantidades mínimas aceitáveis, podendo a critério da Fiscalização do DER/PR ou da executante, serem ampliados para garantia da qualidade da obra.

7.3 Controle de qualidade dos materiais

### 7.3.1 Água

Deve ser examinada sempre que houver dúvida sobre a sua qualidade.

### 7.3.2 Emulsão

A emulsão deverá atender ao item 5.1.3 e o controle de qualidade interno dever constar, no mínimo, dos ensaios indicados no Quadro 4.

Quadro 4 – Ensaios mínimos para o controle de qualidade interno da emulsão

<b>Ensaios mínimos para o controle de qualidade interno da emulsão</b>	
<b>Quantidade</b>	<b>Descrição</b>
<b>Para cada carga de emulsão que chegar na obra:</b>	
01	Ensaio de adesividade
01	Ensaio de estabilidade ao armazenamento
01	Ensaio de resíduo por evaporação (NBR 14376)
01	Peneiramento (DNER-ME 05/94)
01	Carga elétrica (DNIT- ME - 156/11)
01	Ponto de amolecimento e Penetração (ensaio realizado com o ligante residual)
01	Ensaio de viscosidade Saybolt-Furol

### 7.3.3 Agregados adicionais

Para o controle interno de qualidade dos agregados adicionais, deverá constar, no mínimo, os ensaios indicados no Quadro 5.

Quadro 5 – Ensaio para controle interno de qualidade dos agregados adicionais

<b>Ensaio para controle interno de qualidade dos agregados adicionais</b>	
<b>Quantidade</b>	<b>Descrição</b>
<b>No início da obra e sempre que houver alteração mineralógica na bancada da pedreira:</b>	
01	Ensaio de desgaste Los Angeles
01	Ensaio de lamerabilidade
01	Ensaio de durabilidade
01	Ensaio de granulometria
01	Ensaio de equivalente de areia
<b>Para cada 600 m<sup>3</sup> de mistura a ser reciclada:</b>	
01	Ensaio de granulometria para cada agregado adicional envolvido na mistura
<b>Para cada 1200 m<sup>3</sup> de mistura a ser reciclada:</b>	
01	Ensaio de equivalente de areia do agregado miúdo
<b>Anualmente:</b>	
01	Ensaio de desgaste Los Angeles
01	Ensaio de lamerabilidade
01	Ensaio de durabilidade
01	Ensaio de granulometria
01	Ensaio de equivalente de areia

#### 7.4 Controle da mistura reciclada

O controle interno de qualidade da mistura reciclada, deverá constar, no mínimo, dos ensaios apresentados no Quadro 6.

Quadro 6 – Controle interno de qualidade da mistura reciclada

<b>Controle interno de qualidade da mistura reciclada</b>	
<b>Quantidade</b>	<b>Descrição</b>
<b>No início da obra e sempre que houver alteração mineralógica na bancada da pedreira:</b>	
01	Projeto da mistura reciclada
01	Granulometria da mistura reciclada
01	Porcentagem de agregado virgem a ser adicionado (gráudo e miúdo)
01	Massa específica aparente máxima e teor ótimo de umidade
01	Ensaio de ISC
01	Módulo resiliente
<b>Sempre que houver mudança na estrutura ou materiais do pavimento a ser reciclado:</b>	
01	Projeto da mistura reciclada
01	Granulometria da mistura reciclada
01	Porcentagem de agregado virgem a ser adicionado (gráudo e miúdo)
01	Massa específica aparente máxima e teor ótimo de umidade
01	Ensaio de ISC
01	Módulo resiliente

<b>Controle interno de qualidade da mistura reciclada</b>	
<b>Quantidade</b>	<b>Descrição</b>
<b>Anualmente:</b>	
01	Projeto da mistura reciclada
01	Granulometria da mistura reciclada
01	Porcentagem de agregado virgem a ser adicionado (gráudo e miúdo)
01	Massa específica aparente máxima e teor ótimo de umidade
01	Ensaio de ISC
01	Módulo resiliente

## 7.5 Controle de execução na pista

### 7.5.1 Mistura reciclada

O controle interno de qualidade da mistura reciclada estabilizada granulometricamente deverá constar, no mínimo, dos ensaios apresentados no Quadro 7.

Quadro 7 – Ensaios para o controle da mistura reciclada, estabilizada granulometricamente

<b>Ensaios para o controle da mistura reciclada, estabilizada granulometricamente</b>	
<b>Quantidade</b>	<b>Descrição</b>
<b>Para cada 100 m<sup>3</sup> de mistura reciclada, imediatamente após à passagem da recicladora:</b>	
01	Teor de umidade da mistura reciclada
01	Medida da espessura de corte
<b>Para cada 600 m<sup>3</sup> de mistura reciclada, logo após à passagem da recicladora e antes da compactação:</b>	
03	Ensaio de compactação na energia Modificada, com amostras nas condições de pista (massa específica aparente de referência)
01	Ensaio de granulometria do material reciclado
<b>Para cada 2500 m<sup>3</sup> de mistura reciclada, logo após à passagem da recicladora e antes da compactação:</b>	
03	Ensaio do ISC, com amostras de pista moldadas no controle de compactação
01	Ensaio de limite de liquidez e limite de plasticidade
<b>Para cada 200 m<sup>3</sup> de mistura reciclada, após compactação:</b>	
01	Determinação da massa específica aparente seca “in situ”

**Nota 16:** para qualquer tipo de camada deve ser verificado seu bom desempenho com medidas de deflexão (DNER-ME 024), espaçadas no máximo a cada 20 metros e na futura trilha de rodagem, sendo que os valores medidos e analisados estatisticamente devem atender aos limites definidos no projeto e ou estabelecidos no(s) segmento(s) experimental(is) para o tipo da camada. Também deverão ser obtidas bacias de deformação para se estimar o intervalo de variação do módulo de elasticidade (“módulo resiliente”) da camada através do emprego da técnica de retroanálise.

**Nota 17:** a construtora deverá adotar um eficiente sistema de controle de execução da reciclagem na rodovia (georreferenciado, preferencialmente) capaz de identificar o início de final de cada jornada de trabalho de tal forma que se possa identificar e delimitar segmentos de não

conformidade do serviço executado que precisarão passar por intervenção para se atingir a capacidade estrutural especificada em projeto.

- 7.6 A verificação do controle interno de qualidade pela Fiscalização do DER/PR se dará pelo acompanhamento semanal da execução e tratamento estatístico dos resultados dos ensaios previstos nos Quadros de 4 a 7. Caso seja constatada alguma não conformidade em relação aos resultados obtidos nos ensaios, a Fiscalização do DER/PR poderá solicitar a imediata paralização dos serviços para que sejam feitos ajustes no processo executivo e/ou troca de material.

## **8 CONTROLE EXTERNO DE QUALIDADE – DA CONTRANTE**

- 8.1 Compete à Fiscalização do DER/PR a realização aleatória de testes e ensaios que comprovem os resultados obtidos pela executante, bem como, formar juízo quanto à aceitação ou rejeição do serviço em epígrafe.
- 8.2 O controle externo de qualidade é executado através de coleta aleatória de amostras, por ensaios e determinações previstas no item 7, cuja quantidade mensal mínima corresponde pelo menos a 10% dos ensaios e determinações realizadas pela executante no mesmo período.
- 8.3 Compete à Fiscalização do DER/PR efetuar o controle geométrico, que consiste na realização das seguintes medidas:
- a) espessura da camada: deve ser medida a espessura, no mínimo a cada 100 m;
  - b) largura executada: a verificação da largura da plataforma, nas diversas seções correspondentes às estacas da locação, é feita à trena em espaçamento de, pelo menos, 20 m.
- 8.4 Verificação do acabamento: as condições de acabamento da superfície são apreciadas em bases visuais. Especial atenção deve ser conferida à verificação da presença de segregação superficial.
- 8.5 Caso seja constatada alguma não conformidade nos resultados do controle externo, a Fiscalização do DER/PR poderá solicitar a imediata paralização dos serviços para que sejam feitos ajustes no processo executivo.

## **9 CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO**

- 9.1 Aceitação dos materiais
- a) a água utilizada é aceita desde que atenda ao especificado em 5.1.2;
  - b) os agregados adicionais são aceitos, desde que atendam ao especificado em 5.1.1;
  - c) a emulsão é aceita desde que atenda ao especificado no item 5.1.3.
- 9.2 Aceitação da execução



### 9.2.1 Graduação da mistura de agregados

Durante a reciclagem, a granulometria da mistura deve estar inserida na faixa de trabalho definida no projeto de dosagem, atendendo ainda ao especificado em 5.2.2.

### 9.2.2 Características da mistura reciclada

- o limite de liquidez e o índice de plasticidade devem atender ao especificado em 5.2.4, para valores determinados estatisticamente;
- o Índice de Suporte Califórnia e a expansão, devem atender ao especificado em 5.2.5, para valores determinados estatisticamente;
- o grau de compactação deve ser igual ou superior a 100% em relação à massa específica aparente seca máxima obtida com a energia Modificada, para valores determinados estatisticamente;
- as condições de homogeneidade e integridade da camada reciclada, avaliadas em bases visuais, devem ser consideradas satisfatórias;
- as medidas de deflexão devem ser inferiores à deflexão máxima admissível de projeto ou definida no Relatório do (s) Segmento (s) Experimental (is) para o tipo de camada.

### 9.3 Aceitação do controle geométrico

9.3.1 Os serviços executados são aceitos, à luz do controle geométrico, desde que atendidas as seguintes condições:

- a largura da plataforma não deve ser menor que a prevista para a camada;
- a espessura média da camada é determinada pela expressão:

$$u = \bar{X} - \frac{1,29s}{\sqrt{n}}$$

Sendo:

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Onde:

$x_i$  – valores individuais;

$\bar{X}$  – média da amostra;

$s$  – desvio padrão;

$k$  – coeficiente tabelado em função do número de determinações, definido (tamanho da amostra);

$n$  – número de determinações (tamanho da amostra).

- b.1) a espessura média determinada estatisticamente não deve ser menor do que a espessura de projeto menos 0,02 m;
- b.2) não são tolerados valores individuais de espessura fora do intervalo  $\pm 0,03$  m em relação à espessura de projeto;
- b.3) em caso de aceitação, dentro das tolerâncias estabelecidas, de uma camada reciclada com espessura média inferior à de projeto, a diferença é compensada estruturalmente na(s) camada(s) a ser(em) superposta (s). Neste caso, a construtora deverá apresentar previamente à Fiscalização do DER/PR, a alternativa de intervenção para e recuperação da capacidade estrutural;
- b.4) em caso de aceitação de camada reciclada, dentro das tolerâncias estabelecidas, com espessura superior à de projeto, a diferença não é deduzida da (s) espessura (s) da (s) camada (s) a ser (em) superposta (s).

#### 9.4 Aceitação das condições de acabamento

9.4.1 O serviço é aceito, sob o ponto de vista de acabamento, desde que atendidas as seguintes condições:

- a) as juntas executadas apresentem-se homogêneas, em relação ao conjunto da mistura, isentas de desníveis e saliências indesejáveis;
- b) a superfície apresente-se bem desempenada, não ocorrendo marcas indesejáveis do equipamento de compressão e adequadamente protegida por imprimação.

#### 9.5 Condições de conformidade e não conformidade

9.5.1 Todos os ensaios de controle e determinações devem cumprir condições gerais e específicas desta especificação, e estar de acordo com os critérios a seguir descritos.

- a) quando especificada uma faixa de valores mínimos e máximos devem ser verificadas as seguintes condições:

$\bar{X} - k_s < \text{valor mínimo especificado}$  ou  $\bar{X} + k_s > \text{valor máximo de projeto}$ : não conformidade;

$\bar{X} - k_s \geq \text{valor mínimo especificado}$  e  $\bar{X} + k_s \leq \text{valor máximo de projeto}$ : conformidade.

Sendo:

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Onde:

$x_i$  – valores individuais;

$\bar{X}$  – média da amostra;

$s$  – desvio padrão;

$k$  – coeficiente tabelado em função do número de determinações, definido de acordo com o Quadro 8;

$n$  – número de determinações.

Quadro 8 – Plano de Amostragem Variável (DNER PRO 277/97)

Plano de Amostragem Variável (DNER PRO 277/97)														
n	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	19	21
k	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,04	1,01
$\alpha$	0,45	0,35	0,30	0,25	0,19	0,15	0,10	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01
n = Nº de Amostras					k = Coeficiente Multiplicador					$\alpha$ = Risco da Contratada				

- b) quando especificado um valor mínimo a ser atingido, devem ser verificadas as seguintes condições:

Se  $\bar{X} - k_s <$  valor mínimo especificado: não conformidade;

Se  $\bar{X} - k_s \geq$  valor mínimo especificado: conformidade.

- c) quando especificado um valor máximo a ser atingido, devem ser verificadas as seguintes condições:

Se  $\bar{X} + k_s >$  valor máximo especificado: não conformidade;

Se  $\bar{X} + k_s \leq$  valor máximo especificado: conformidade.

9.5.2 Os serviços só devem ser aceitos se atenderem às prescrições desta especificação.

9.5.3 Todo detalhe incorreto ou mal executado deve ser corrigido.

9.5.4 Qualquer serviço só é aceito se as correções executadas o colocarem em conformidade com o disposto nesta especificação; caso contrário é rejeitado.

## 10 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO

10.1 O serviço é medido pelo volume de base reciclada executada, em metros cúbicos, de acordo com os alinhamentos e cotas de projeto.

10.2 No cálculo dos volumes, obedecidas as tolerâncias especificadas, é considerada a espessura média  $\bar{X}$  calculada como indicado anteriormente, limitada à espessura de projeto.

## 11 CRITÉRIOS DE PAGAMENTO

11.1 Os serviços aceitos e medidos só são atestados como parcela adimplente, para efeito de pagamento, se juntamente com a medição de referência, estiver apenso

o relatório com os resultados dos controles e de aceitação.

- 11.2 O pagamento é feito, após a aceitação e a medição dos serviços executados, com base no preço unitário contratual, o qual representa a compensação integral para todas as operações, transportes, materiais, perdas, mão-de-obra, equipamentos, controle de qualidade, encargos e eventuais necessários à completa execução dos serviços.