



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

Avenida Iguazu 420
CEP 80230 902
Curitiba Paraná
Fone (41) 3304 8000
Fax (41) 3304 8130
www.pr.gov.br/transportes

DER/PR ES-P 08/05

PAVIMENTAÇÃO: SOLO ARENOSO FINO LATERÍTICO

Especificações de Serviços Rodoviários
Aprovada pelo Conselho Diretor em 14/12/2005
Deliberação n.º 281/2005
Esta especificação substitui a DER/PR ES-P 08/91
Autor: DER/PR (DG/AP)

Palavra-chave: base; sub-base; solo arenoso fino
laterítico

12 páginas

RESUMO

Este documento define a sistemática empregada na execução de camadas de pavimento de solo arenoso fino laterítico. Aqui são definidos os requisitos relativos a 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 IG-01/05.

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 os procedimentos empregados na execução, no controle de qualidade, nos critérios de medição e pagamento do serviço em epígrafe, tendo como base a especificação DER/PR ES-P 08/91. Uma abordagem alternativa à aqui considerada, baseada na classificação MCT, é apresentada no Manual de Execução.

1 OBJETIVO

Estabelecer a sistemática a ser empregada na execução de camadas de pavimento de solo arenoso fino laterítico, com o objetivo de construir pavimentos.

2 REFERÊNCIAS

DNER-ME 024/94	- Pavimento – determinação das deflexões pela viga Benkelman
DNER-ME 049/94	- Solos – determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas
DNER-ME 080/94	- Solos – análise granulométrica por peneiramento
DNER-ME 082/94	- Solos – determinação do limite de plasticidade;
DNER-ME 092/94	- Solo - determinação da massa específica aparente, “in situ”, com emprego do frasco de areia
DNER-ME 122/94	- Solo – determinação do limite de liquidez – método de referência e método expedito;
DNER-ME 129/94	- Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas
DNER-PRO 277/97	- Metodologia para controle estatístico de obras e serviços
DNIT 011/2004-PRO	- Gestão da qualidade em obras rodoviárias
DNIT 068/2004-PRO	- Gestão da qualidade em obras rodoviárias – procedimento
Manual de Execução de Serviços Rodoviários – DER/PR	
Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias – DER/PR	
Normas de Segurança para Trabalhos em Rodovias – DER/PR	

3 DEFINIÇÕES

3.1 Solo arenoso fino laterítico é a camada de base ou sub-base composta por solo arenoso, em que predomina a fração areia fina, e que foi submetido, durante sua formação, aos processos geológicos designados genericamente por laterização. São características típicas dos solos arenosos finos lateríticos:

- a) a presença considerável de óxidos hidratados de ferro e/ou alumínio.
- b) a presença da caulinita, na condição de argilo-mineral praticamente exclusivo.
- c) macroestrutura e microestrutura da parte fina porosas.
- d) coloração vermelha, amarela, marrom e alaranjada.

4 CONDIÇÕES GERAIS

4.1 Não é permitida a execução dos serviços, objeto desta especificação:

- a) sem o preparo prévio da superfície a receber a camada de solo arenoso fino laterítico (regularização do subleito ou sub-base), caracterizado por sua limpeza e reparação preliminar, se necessário;
- b) sem a implantação prévia da sinalização da obra, conforme Normas de Segurança para Trabalhos em Rodovias do DER/PR;
- c) sem o devido licenciamento/autorização ambiental, conforme Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias do DER/PR;
- d) em dias de chuva.

5 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

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

5.1.1 Solo:

- a) O solo a ser utilizado deve atender aos requisitos constantes do quadro abaixo:

ITEM	SUB-BASE	BASE
% passando na peneira nº 40	85 a 100	85 a 100
% passando na peneira nº 200	20 a 40	23 a 35
IP (%)	NP a 10	5 a 10
ISC (%)	> 40	> 80 para $N \geq 10^5$
		> 60 para $N < 10^5$
Expansão (%)	< 0,1	< 0,1
Teor de argila (%)	> 12	> 12

- b) A energia de compactação a adotar como referência é a intermediária ou a modificada, para sub-base, e a modificada, para base.

5.2 Equipamentos

5.2.1 Todo o equipamento, antes do início da execução da obra, deve ser cuidadosamente examinado e aprovado pelo DER/PR, sem o que não é dada a autorização para o seu início.

5.2.2 Os seguintes equipamentos são utilizados para a execução de camadas de solo arenoso fino laterítico:

- a) Trator de esteira;
- b) Pá-carregadeira;

- c) Caminhões basculantes;
- d) Caminhão-tanque irrigador;
- e) Motoniveladora pesada;
- f) Trator agrícola;
- g) Pulvimisturador ou, opcionalmente, enxada rotativa acionada por unidade tratora adequada;
- h) Rolo compactador pé de carneiro "pata longa";
- i) Rolo compactador vibratório corrugado autopropelido;
- j) Rolo compactador pneumático, de pressão regulável;
- k) Compactadores portáteis manuais ou mecânicos;
- l) Compressor de ar;
- m) Equipamentos e ferramentas complementares como: vassourões, vassouras mecânicas, soquetes e outros aceitos pela Fiscalização.

5.3 Execução

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

5.3.2 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 pelo DER/PR, relativos à execução prévia e obrigatória de segmento experimental.

5.3.3 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 pelo DER/PR, as quais devem ser obedecidas em toda a fase de execução deste serviço pela executante.

5.3.4 No caso de rejeição dos serviços do segmento experimental por desempenho insatisfatório quanto aos limites especificados nos ensaios, a solução indicada é a de remover e refazer a etapa não aceita.

5.3.5 Preparo da superfície

- a) A superfície que recebe a camada de base ou sub-base de solo arenoso fino laterítico deve apresentar-se desempenada e limpa, isenta de pó ou outras substâncias prejudiciais.

- b) Eventuais defeitos existentes devem ser adequadamente reparados, previamente à distribuição do solo arenoso fino laterítico.

5.3.6 Transporte, espalhamento e homogeneização na pista

- a) Não é permitido o transporte do material para a pista, quando o subleito ou a camada subjacente estiver molhado, não sendo capaz de suportar, sem se deformar, a movimentação do equipamento.
- b) O solo arenoso fino laterítico, selecionado e escavado na jazida, é transportado para a pista através de caminhões basculantes, sendo depositado em montes espaçados de forma a garantir as condições geométricas (largura e espessura) previstas no projeto.
- c) O espalhamento é efetuado mediante atuação da motoniveladora.
- d) O material espalhado deve receber adequada conformação, de forma que a camada apresente espessura constante.
- e) A espessura da camada individual acabada deve se situar no intervalo de 0,10 m, no mínimo, a 0,17 m, no máximo. Quando se desejar camadas de base ou sub-base de maior espessura, os serviços devem ser executados em mais de uma camada, segundo os critérios descritos no Manual de Execução.
- f) Na distribuição do material deve ser aplicada a quantidade adicional para as operações de corte, normalmente de 0,02 m de espessura compactada.

5.3.7 Pulverização e correção da umidade

- a) Concluídas as operações de espalhamento, é procedida a pulverização e o umedecimento (ou secagem) visando obter, em toda a camada solta, uma condição de umidade homogênea.
- b) A correção e a uniformização da umidade são conseguidos através da ação combinada de grade de discos, pulvimisturadora ou enxada rotativa, e eventual aspersão de água pelo caminhão irrigador. Devem ser tomados os cuidados necessários de forma a evitar a superposição das faixas irrigadas, criando diferenças de umidade que não possam ser corrigidas pelos equipamentos misturadores.
- c) A "faixa de trabalho" para o teor de umidade na compactação deve ser determinada através da curva ISC x umidade, tomando-se como referência o intervalo de umidade no qual se obtém valores de ISC iguais ou superiores ao fixado no projeto.

5.3.8 Conformação e compressão

- a) Concluída a correção e a homogeneização da umidade, o material é conformado, de acordo com a seção transversal e espessura desejadas. Nesta fase, especial atenção deve ser conferida à definição da espessura da camada solta, objetivando-se evitar a adição de material na fase de acabamento.

- b) Como sistemática básica para a compactação, adota-se normalmente a seguinte seqüência:
 - b.1) A compactação deve ser iniciada com emprego de rolo pé-de-carneiro de patas longas, cuja atuação deve prosseguir até que não haja mais penetração das patas na camada.
 - b.2) Segue-se a atuação de rolo corrugado vibratório, até se atingir o grau de compactação desejado.
 - b.3) A compactação de acabamento deve ser feita pela atuação do rolo de pneumáticos.
- c) O grau de compactação a ser obtido deve ser de 100% em relação à massa específica aparente seca correspondente à energia adotada como referência.
- d) A compactação deve evoluir longitudinalmente, iniciando no bordo mais baixo e progredindo no sentido do ponto mais alto da seção transversal, exigindo-se que em cada passada do equipamento seja recoberta, no mínimo, a metade da largura da faixa anteriormente comprimida.
- e) Especial atenção deve ser conferida à compressão da área próxima aos bordos da camada de solo arenoso fino laterítico, de modo a evitar a ocorrência de áreas com compactação deficiente.
- f) Nas áreas adjacentes ao início e fim do segmento em construção, a compactação deve ser complementada pela atuação dos equipamentos transversalmente ao eixo.
- g) Eventuais manobras do equipamento de compactação que impliquem em variações direcionais prejudiciais, devem se processar fora da área de compressão.
- h) Em lugares inacessíveis ao equipamento de compressão, ou onde seu emprego não for recomendável, a compactação requerida é feita à custa de compactadores vibratórios portáteis, manuais ou mecânicos.

5.3.9 Conformação final e acabamento

- a) A conformação final da camada de solo arenoso fino laterítico à seção de projeto envolve as seguintes operações:
 - a.1) irrigação leve da camada compactada.
 - a.2) execução do corte superficial da camada através da ação da motoniveladora, com o objetivo de eliminar todas as saliências e lamelas eventualmente existentes. A profundidade usual para o corte superficial é de 0,02 m, para camada de base, e de 0,01 m, para camada de sub-base.
 - a.3) compactação de acabamento com rolo de pneumáticos.
- b) Em nenhuma hipótese, se admite o acabamento por adição de material.

5.3.10 Período de cura

- a) Após o acabamento, a camada deve ser submetida, desde que as condições climáticas permitam, a um período de cura por secagem, suficiente para o desenvolvimento pleno das trincas de contração, proibindo-se o trânsito sobre a mesma antes desta ser imprimada. Para maiores detalhes, reportar-se ao Manual de Execução.
- b) Após a imprimação, a base deve ficar sem sofrer a ação do tráfego, por um período mínimo de 48 a 72 horas, na dependência das condições locais.

5.3.11 Abertura ao tráfego

- a) As camadas de solo arenoso fino laterítico não devem ser submetidas à ação direta das cargas e da abrasão do tráfego.
- b) Excepcionalmente, a liberação ao tráfego sobre a camada de solo arenoso fino laterítico pode ser autorizada pela Fiscalização, desde que a imprimação esteja curada e não haja prejuízos à qualidade dos serviços.

5.3.12 Observações gerais

- a) É fundamental ao bom desempenho da camada de solo arenoso fino laterítico que se evitem práticas de compactação que levem à formação de lamelas. Para tal, somente utilizar rolos que possuam patas de superfície plana.
- b) A imprimação deve promover a coesão superficial por penetração do material asfáltico, para base, entre 6 e 10 mm. Para que isso ocorra, a imprimação é feita com a camada na adequada umidade.
- c) Técnicas de compactação alternativas são abordadas no Manual de Execução.
- d) Todo o material excedente das operações de pista deve ser removido para fora do corpo estradal, devendo ser disposto em áreas indicadas pela Fiscalização, de forma a não prejudicar o escoamento das águas superficiais.

6 MANEJO AMBIENTAL

6.1 Para execução de camadas de solo arenoso fino laterítico, são necessários trabalhos envolvendo a utilização de solos.

6.2 Os cuidados a serem observados para fins de preservação do meio ambiente envolvem a produção e aplicação de solos.

6.3 Exploração de jazidas de solos

6.3.1 No decorrer do processo de obtenção de solos nas jazidas devem ser considerados os seguintes cuidados principais:

- a) a exploração da (s) jazida (s) somente é aceita após apresentação da licença ambiental de operação, cuja cópia da licença deve ser arquivada junto ao Livro de Ocorrências da obra;
- b) exigir a documentação atestando a regularidade das instalações da jazida, assim como sua operação junto ao órgão ambiental competente, caso estes materiais sejam fornecidos por terceiros;
- c) evitar a localização da jazida em área de preservação ambiental;
- d) planejar adequadamente a exploração da jazida 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 à jazida bacias de retenção e sistemas de drenagem, evitando o carreamento da parte fina dos solos para cursos d'água.

6.4 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 qualidade referem-se às quantidades mínimas aceitáveis, podendo a critério do DER/PR ou da executante, ser ampliados para garantia da qualidade da obra.

7.3 O controle interno de qualidade do material consta, no mínimo, dos ensaios apresentados no Quadro 1 a seguir.

Quadro 1 – Solo (na jazida)	
Quantidade	Descrição
a) Para cada 600 m³ de material a ser aplicado:	
01	Ensaio de limite de liquidez
01	Ensaio de limite de plasticidade
01	Ensaio de granulometria

7.4 O controle interno de qualidade da execução consta, no mínimo, dos ensaios apresentados no Quadro 2 a seguir.

Quadro 2 – Controle na pista	
Quantidade	Descrição
a) Para cada 1200 m³ de material distribuído:	
01	Ensaio de compactação na energia especificada
01	Ensaio de índice de suporte Califórnia
b) Para cada 100 m³ de material distribuído:	
01	Determinação do teor de umidade – Método expedito da frigideira
01	Determinação de massa específica aparente seca “in situ”
Nota 1: Opcionalmente, o controle relativo à obtenção do ISC especificado em projeto pode ser efetuado mediante emprego das curvas “ISO-ISC”. A este respeito, observar o contido no Manual de Execução	
Nota 2: Deve ser verificado o bom desempenho da camada, através de medidas de deflexão (DNER-ME 24), em locais aleatórios, espaçados no máximo a cada 100 metros, sendo que os valores medidos e analisados estatisticamente devem atender aos limites definidos no projeto para o tipo da camada.	

8 CONTROLE EXTERNO DE QUALIDADE – DA CONTRATANTE

8.1 Compete ao 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 exclusivamente ao DER/PR efetuar o controle geométrico, que consiste na realização das seguintes medidas:

8.3.1 Espessura da camada: deve ser medida a espessura, no mínimo a cada 20m por nivelamento do eixo e dos bordos, após a execução da camada, envolvendo no mínimo cinco pontos da seção transversal.

8.3.2 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, 20m.

8.4 Verificação do acabamento: as condições de acabamento da superfície são apreciadas em bases visuais.

9 CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO

9.1 Aceitação dos materiais

- a) Todos os ensaios indicados em 7.3 devem atender aos requisitos especificados em 5.1.

9.2 Aceitação da execução

- b) Compressão: os valores do grau de compactação, calculados estatisticamente conforme os procedimentos descritos no item 9.5.1, devem ser iguais ou superiores a 100%, para a energia especificada.
- c) O índice de suporte Califórnia e a expansão devem atender ao especificado em 5.1.
- d) As medidas de deflexão sejam inferiores à deflexão máxima admissível de projeto, para o tipo da camada.

9.3 Aceitação do controle geométrico

9.3.1 O serviço é aceito, sob o ponto de vista de controle geométrico, desde que atendidas as seguintes condições:

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

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

onde:

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

$N \geq 9$ (nº de determinações efetuadas)

- a espessura média determinada estatisticamente não deve ser menor do que a espessura de projeto menos 0,01 m;
- não são tolerados valores individuais de espessura fora do intervalo $\pm 0,02$ m em relação à espessura de projeto;
- em caso de aceitação, dentro das tolerâncias estabelecidas, de uma camada de solo arenoso fino laterítico com espessura média inferior à de projeto, a diferença é compensada estruturalmente na (s) camada (s) a ser (em) superposta (s).
- em caso de aceitação de camada de solo arenoso fino laterítico, 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 do acabamento

- a) As condições de acabamento, apreciadas pelo DER/PR em bases visuais, devem ser julgadas satisfatórias.
- b) A superfície deve se apresentar bem desempenada, não ocorrendo lamelas e marcas indesejáveis do equipamento de compressão.

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:

$X - ks < \text{valor mínimo especificado}$ ou $X + ks > \text{valor máximo de projeto}$: não conformidade;
 $X - ks \geq \text{valor mínimo especificado}$ e $X + ks \leq \text{valor máximo de projeto}$: conformidade;

Sendo:

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

Onde:

x_i – valores individuais;
 X – média da amostra;
 s – desvio padrão;
 k – adotado o valor 1,25;
 n – número de determinações, no mínimo 9.

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

Se $X - ks < \text{valor mínimo especificado}$: não conformidade;
 Se $X - ks \geq \text{valor mínimo especificado}$: conformidade.

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

Se $X + ks > \text{valor máximo especificado}$: não conformidade;
 Se $X + ks \leq \text{valor máximo especificado}$: 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 colocarem-no em conformidade com o disposto nesta especificação; caso contrário é rejeitado.

10 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO

10.1 O serviço de solo arenoso fino laterítico, executado e recebido na forma descrita, é medido em metros cúbicos de sub-base ou base compactada na pista, fazendo-se distinção em relação à energia de compactação empregada. Considera-se o talude solo arenoso fino equivalente a 1:1, para fins de cálculo da largura média de projeto.

10.2 No cálculo dos volumes, obedecidas as tolerâncias especificadas, é considerada a espessura média 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.