



**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

DER/PR ES-PA 14/23

**PAVIMENTAÇÃO:
SOLO-CAL-CIMENTO**

Especificações de Serviços Rodoviários
Aprovada pelo Conselho Diretor, em 11/04/2023
Deliberação n.º 111/2023
Esta especificação substitui a DER/PR ES-PA 14/18
Autor: DER/PR (DT/CPD)

Palavras-chave: reforço do subleito, base, sub-
base, solo-cal-cimento

16 páginas

RESUMO

Este documento define a sistemática empregada na execução de bases ou sub-bases de solo-cal-cimento. Aqui são definidos os requisitos técnicos relativos aos materiais, equipamentos, execução e controle de qualidade, 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 os procedimentos empregados na execução, no controle de qualidade, nos critérios de medição e pagamento dos serviços em epígrafe, tendo como base a antiga especificação DER/PR ES-P 14/05 e as referências técnicas das aplicações recentes realizadas no país.

1 OBJETIVO

Estabelecer a sistemática a ser empregada na produção e aplicação de bases, sub-bases ou reforço de subleito de solo-cal-cimento, com o objetivo de construir pavimentos 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 5739/2018	- Concreto – ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos
ABNT NBR 6118/2014	- Projeto de estruturas de concreto – procedimento
ABNT NBR 6473/2003	- Cal virgem e cal hidratada – análise química
ABNT NBR 7182/2020	- Solo – ensaio de compactação
ABNT NBR 11579/2018	- Cimento Portland – Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 µm (nº 200)
ABNT NBR 16697/2018	- Cimento Portland - Requisitos
CONTRAN 2022	- Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – VOLUME VII – Sinalização Temporária
DER/PR	- Manual de Execução de Serviços Rodoviários
DER/PR	- Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias
DNER-ME 024/1994	- Pavimento – determinação das deflexões pela viga Benkelman
DNER-ME 080/1994	- Solos – análise granulométrica por peneiramento
DNER-ME 082/1994	- Solos – determinação do limite de plasticidade
DNER-ME 092/1994	- Solo - determinação da massa específica aparente, “in situ”, com emprego do frasco de areia
DNER-ME 122/1994	- Solos – determinação do limite de liquidez – método de referência e método expedito
DNER-ME 201/1994	- Compressão axial de corpos de prova cilíndricos
DNER-ME 202/1994	- Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos
DNER-PRO 277/1997	- Metodologia para controle estatístico de obras e serviços
DNIT-ES 420/2019	- Pavimentação – Sol-Cal – Adição de cal para Estabilização de camada de Base
DNIT-ES 421/2019	- Pavimentação – Solo-Cal – Adição de cal para Estabilização de camada de Sub-base

DNIT IPR 700/1997	- Glossário de Termos Técnicos Rodoviários
DNIT IPR 742/2010	- Manual de Implantação Básica de Rodovia
DNIT 164/2013-ME	- Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas
DNIT 160/2012-ME	- Solos – Determinação da expansibilidade.
DNIT 172/2016-ME	- Solos – Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas.
DNIT 134/2018-ME	- Solos – Determinação do Módulo de Resiliência
DNIT 417/2019-ME	- Solos – Controle de Compactação com Equipamento Densímetro Eletromagnético
DNIT 181/2018-ME	- Pavimentação – Material estabilizado quimicamente – Determinação do módulo de resiliência
DNIT 133/2010-ME	- Pavimentação asfáltica – delineamento da linha de influência longitudinal da bacia de deformação por intermédio da viga Benkelman
DNIT-ES 140/2022	- Pavimentação – Sub-base de solo melhorado com cimento
DNIT- ES 422/2019	- Pavimentação – Solo-Cal – Adição de cal para Melhoria de Subleito
DNIT-PRO 011/2004	- Gestão da qualidade em obras rodoviárias
DNIT-PRO 068/2004	- Gestão da qualidade em obras rodoviárias – procedimento
Lei nº 6.514/77 - CLT – Art. 200-	Normas Regulamentadoras – NR da Segurança e da Medicina do Trabalho

3 DEFINIÇÕES

3.1 Solo-cal-cimento é a mistura íntima, executada na pista, composta por solo, cimento, cal e água, adequadamente compactada e submetida a processo eficiente de cura.

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 da Fiscalização do DER/PR, do projeto de dosagem;
- f) em dias de chuva.

5 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

5.1 Materiais

5.1.1 Todos os materiais utilizados devem satisfazer às especificações aprovadas pelo DER/PR.

5.1.2 Cimento Portland

- a) podem ser utilizados os seguintes tipos de cimento Portland especificados pela ABNT-NBR 16697:
- a.1) cimento Portland comum;
 - a.2) cimento Portland pozolânico.
- b) o emprego de outros tipos de cimento (cimento Portland de alta resistência inicial ou de alto forno), é abordado em outros normativos do DER/PR;
- c) o índice de finura do cimento utilizado (ABNT-NBR 11579) deve ser satisfatório, face às exigências da especificação correspondente;
- d) com relação às condições de armazenamento do cimento, observar o disposto a respeito em outros normativos do DER/PR.

5.1.3 Cal

- a) a cal recomendada é a cal hidratada cálcica, com teor mínimo de 50% de cal solúvel ($\text{CaO} + \text{CaOH}_2$), determinado segundo o método da ABNT-NBR 6473 da ABNT;
- b) com relação às condições de armazenamento da cal, observar o disposto a respeito em outros normativos do DER/PR.

5.1.4 Água

- a) a água utilizada deve ser isenta de materiais estranhos prejudiciais ao comportamento da mistura.

5.1.5 Solo

- a) os solos utilizados na execução de misturas de solo-cal-cimento devem ser solos derivados de rochas basálticas, do tipo "latossolo' roxo", ou "latossolo vermelho escuro". Estes solos apresentam boa reação com a cal e o cimento, cuja estabilização possibilita melhores características de resistência mecânica em relação ao solo natural, sob adequadas condições de compactação e cura;
- b) em se tratando de solos lateríticos (latossolo roxo" ou "latossolo vermelho escuro"), estes deverão atender, naquilo que couber, às diretrizes da DER/PR ES-PA 10 e DER/PR ES-PA 11, além daquelas contidas na Especificação de Serviço do DNIT ES 140/22;
- c) o emprego de outros tipos de solos pode ser admitido, desde que haja reatividade com a cal e o cimento e a dosagem efetuada comprove as suas características de resistência, dentro dos limites estabelecidos no projeto;
- d) o material não deve conter matéria orgânica ou outras impurezas nocivas.

5.1.6 Composição da mistura

- a) a mistura de solo-cal-cimento deve ser dosada de acordo com os critérios dispostos em normativos do DER/PR;
- b) os teores mínimos a serem adotados na composição da mistura, tanto para a cal como para o cimento, são de 3%, em relação à massa de solo seco, para possibilitar uma adequada incorporação e homogeneização da cal e do cimento ao solo;
- c) a energia de compactação a ser adotada é a normal ou a intermediária, de acordo com o projeto.

5.2 Equipamentos

5.2.1 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, regulagem 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.

- a) trator de lâmina;
- b) pá-carregadeira;
- c) caminhões basculantes;
- d) motoniveladora pesada com escarificador;
- e) recicladora;
- f) caminhão-tanque irrigador;
- g) rolos compactadores do tipo pé-de-carneiro "pata longa";
- h) rolos compactadores tipo vibratórios corrugados;
- i) rolos compactadores tipo pneumáticos, de pressão regulável;
- j) compactadores portáteis, manuais ou mecânicos;
- k) ferramentas manuais diversas (pás, garfos, enxadas, rastelos e outros).

5.2.2 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.

5.3 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 pela Fiscalização do 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 o projeto de dosagem, valores e 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.

5.3.4 No caso de rejeição dos serviços do segmento experimental, este deve ser removido e reconstruído em condições de execução ajustadas, até que todos os parâmetros sejam satisfatórios.

5.3.5 Preparo da superfície

- a) a superfície que vai receber a camada de reforço do subleito, base ou sub-base de solo-cal-cimento deve apresentar-se limpa, isenta de pó ou outras substâncias prejudiciais;
- b) eventuais defeitos existentes devem ser adequadamente reparados, previamente à aplicação da mistura.

5.3.6 Extração dos materiais na jazida

- a) a(s) jazidas(s) indicada(s) no projeto deve(m) ser objeto de criterioso zoneamento, com vistas à seleção de materiais que atendam às características especificadas;
- b) durante a operação de carga, devem ser tomadas as precauções necessárias para evitar a contaminação por materiais estranhos.

5.3.7 Transporte e distribuição do solo

- a) não é permitido o transporte do material para a pista, quando o subleito ou a camada subjacente estiverem molhados, não sendo capaz de suportar, sem se deformar, a movimentação do equipamento;
- b) os caminhões basculantes descarregam as respectivas cargas em pilhas sobre a pista, com adequado espaçamento;
- c) o espalhamento é efetuado mediante atuação da motoniveladora;
- d) a definição da espessura do colchão de material solto que, após compressão, permita a obtenção da espessura de projeto e sua conformação adequada, deve ser obtida a partir da criteriosa observação no Segmento Experimental.

A espessura da camada individual acabada deve se situar no intervalo de 0,12 m, no mínimo, a 0,20 m, no máximo. A espessura máxima deve ser tal que não prejudique a uniformidade de mistura e da compactação da camada.

5.3.8 Pulverização e homogeneização do solo

- a) a pulverização e homogeneização do solo é efetuada pela ação da recicladora, atuando em toda a espessura da camada de solo solta;
- b) a pulverização é considerada satisfatória quando ao menos 50% do material, em peso, passar na peneira nº 4;
- c) ao final da operação de pulverização, a camada resultante deve estar completamente solta, a mais homogênea possível e conformada de acordo com as características geométricas adequadas para o atendimento do projeto;
- d) devem ser tomados os cuidados necessários para que a ação dos equipamentos de pulverização não atinja a camada subjacente, a ponto de prejudicá-la.

5.3.9 Distribuição e pré-mistura da cal

- a) concluída a pulverização do solo, deve ser verificada a conformação geométrica da camada e, se necessário, efetuadas as eventuais correções pela ação da motoniveladora;
- b) a cal deve ser distribuída uniformemente na superfície, em toda a largura da faixa, segundo o teor especificado, por processo manual (emprego de sacos de cal) ou mecânico (a granel);
- c) é sempre preferível a distribuição mecânica da Cal. Entretanto, quando se empregar a distribuição em sacos, estes são contados, anotados, abertos e em seguida distribuídos manualmente, com o auxílio de rodos de madeira;
- d) quando se utilizar a distribuição a granel, por processo mecânico (caminhão distribuidor de cal), o equipamento deve ser aferido e aprovado pela Fiscalização. A taxa de aplicação da cal poderá ser controlada pelo método da bandeja. A critério da Fiscalização, poderá ser executada uma compactação leve da camada solta conformada para facilitar o deslocamento do caminhão distribuidor de cal;
- e) especial atenção deve ser conferida à distribuição, com o intuito de evitar perdas decorrentes da ação do vento e do tráfego dos equipamentos utilizados nesta fase. Especial cuidado deve ser tomado em relação ao deslocamento do distribuidor para se minimizar a área de sobreposição da distribuição da cal;
- f) imediatamente após a distribuição da cal, é procedida a pré-mistura desta, visando a sua boa incorporação em meio ao solo, pela ação da recicladora;
- g) concluída a pré-mistura da cal, a camada é submetida a uma leve compactação, destinada a selá-la superficialmente, ficando em repouso por um período de 24 a 48 h, quando então se dá sequência ao processo executivo. Durante esse período, deve ser mantida a superfície da camada umedecida.

5.3.10 Pulverização e distribuição do cimento

- a) decorrido o período de repouso da camada de solo à qual foi incorporada a cal, é procedida uma nova homogeneização e pulverização da mistura em toda a espessura da camada, pela ação da recicladora, e a conformação à seção de projeto, pela motoniveladora. O grau de pulverização mínimo a ser alcançado, durante esta etapa, é de 60%;
- b) segue-se a distribuição uniforme do cimento, em toda a largura da faixa, por processo manual ou mecânico, objetivando-se a obtenção do teor especificado;
- c) é sempre preferível a distribuição mecânica do Cimento. Entretanto, quando se empregar a distribuição em sacos, estes são contados, anotados, abertos e em seguida distribuídos manualmente, com o auxílio de rodos de madeira;
- d) quando se utilizar a distribuição a granel, por processo mecânico, (caminhão distribuidor de cimento) o equipamento deve ser aferido e aprovado pela Fiscalização;
- e) especial atenção deve ser conferida à distribuição, com o intuito de evitar perdas decorrentes da ação do vento e do tráfego de equipamentos utilizados nesta fase.

5.3.11 Mistura e homogeneização do solo-cal com o cimento

- a) imediatamente após a distribuição do cimento, é procedida a mistura seca da camada de solo-cal-cimento, pela atuação da recicladora;
- b) nesta etapa, deve ser obtido um grau de pulverização mínimo de 70% e, além disso, a observação visual deve atestar a homogeneidade do processo de mistura, pela existência de coloração uniforme, ao longo de toda a espessura da camada;
- c) enquanto a operação de mistura estiver em processamento, nenhum equipamento, exceto os que operam nessa fase, pode trafegar sobre a mistura.

5.3.12 Adição de água e mistura úmida

- a) considerada satisfatória a mistura seca do solo, da cal e do cimento, nova passada da recicladora é efetuada, desta feita com adição do teor de água necessário à compactação, procedendo-se a mistura úmida;
- b) concluída a mistura úmida, o teor de umidade deve estar compreendido na faixa de $\pm 1,0\%$, em relação à umidade ótima indicada pelo ensaio de compactação com a energia adotada em projeto;
- c) enquanto a operação de mistura úmida estiver em processamento, nenhum equipamento, exceto os que operam nessa fase, pode trafegar sobre a mistura.

5.3.13 Compactação e acabamento

- a) as operações de compactação devem ser iniciadas imediatamente após o término da mistura úmida;
- b) normalmente, a compactação deve ser iniciada com o emprego de rolos pé-de-carneiro e concluída com rolos tipo vibratórios corrugados e de rolo tipo pneumáticos de pressão regulável;
- c) a compressão é executada em faixas longitudinais, sendo sempre iniciada pelo ponto mais baixo da seção transversal, e progredindo no sentido do ponto mais alto;
- d) em cada passada, o equipamento deve propiciar cobertura de, no mínimo, metade da faixa anteriormente coberta;
- e) após a conclusão da compactação, é feito o acerto da superfície, de modo a satisfazer o projeto, pela eliminação de saliências, com o emprego da motoniveladora com a lâmina cortando a superfície. Não é permitida a correção de depressões pela adição de material, evitando-se a formação de lentes. A superfície da camada é comprimida até que se apresente lisa e isenta de partes soltas ou sulcadas;
- f) a compactação e o acabamento finais são obtidos com o emprego de rolo de pneumáticos de pressão regulável;
- g) o grau de compactação deve ser de 100% em relação à massa específica aparente seca máxima, adotada como referência na dosagem da mistura (normal ou intermediária);
- h) o tempo decorrido entre o início da compactação e o acabamento final da camada não deve exceder a duas horas;
- i) eventuais manobras do equipamento de compactação que impliquem em variações direcionais prejudiciais, devem se processar fora da área de compressão;

- j) em lugares inacessíveis ao equipamento de compressão, ou onde seu emprego não for recomendável, a compactação requerida é feita à custa de compactadores portáteis, manuais ou mecânicos.

5.3.14 Juntas de construção

- a) as juntas de construção transversais devem ser executadas de acordo com procedimentos que assegurem a sua eficiência e bom acabamento;
- b) juntas de construção longitudinais devem ser evitadas, executando-se a camada de solo-cal-cimento em toda a largura da pista, em uma única etapa.

5.3.15 Proteção e cura

- a) a camada acabada e aceita quanto ao controle tecnológico será submetida de imediato a processo de cura, devendo para este fim ser protegida contra a perda rápida de umidade, por período de, no mínimo, sete dias;
- b) o processo de cura consiste na aplicação de pintura asfáltica com emulsão de ruptura rápida, podendo conter polímeros, de acordo com o projeto, cuja taxa de aplicação e de diluição deve ser aplicada conforme recomendação do fabricante.
- c) antes da aplicação, a superfície deve ser perfeitamente limpa, mediante emprego de processos e equipamentos adequados. Se necessário, para assegurar a adequada limpeza, a Fiscalização pode exigir o emprego de jatos de ar comprimido;
- d) previamente à aplicação da pintura de cura, a camada deve estar adequadamente umedecida;
- e) o emprego de processos de cura alternativos, de comprovada eficiência, pode ser admitido, a critério da Fiscalização.

5.3.16 Liberação ao tráfego

- a) não é permitido o tráfego diretamente sobre os trechos recém-concluídos;
- b) o tráfego é permitido desde que a superfície tenha endurecido suficientemente, de modo a evitar estragos, o que normalmente ocorre depois de decorridos sete dias;
- c) no caso de travessias e acessos, deve ser aplicada uma proteção com camada de solo com, pelo menos, 0,15 m de espessura.

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 Os cuidados a serem observados para fins de preservação do meio ambiente envolvem a exploração de jazidas, o uso de aglomerantes hidráulicos e a execução de trabalhos na pista.

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 e usina (se prevista no processo executivo), assim como sua operação junto ao órgão ambiental competente, caso estes materiais sejam fornecidos por terceiros;
- c) evitar a localização da jazida e usina 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) tomar todas as precauções para que o manuseio e armazenamento do cimento sejam feitos de forma correta, evitando danos ao meio-ambiente, aos envolvidos na obra e aos usuários;
- f) impedir queimadas como forma de desmatamento;
- g) construir junto à jazida bacias de retenção, sistemas de drenagem e barreiras de siltagem, evitando o carreamento da parte fina dos solos para cursos d'água.

6.4 Execução na pista

6.4.1 os cuidados para a preservação ambiental se referem à disciplina do tráfego, ao estacionamento dos equipamentos e ao manuseio do cimento (se prevista a mistura na pista);

6.4.2 deve ser proibido o tráfego desordenado dos equipamentos fora do corpo estradal, para evitar danos desnecessários à vegetação e interferências à drenagem natural;

6.4.3 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;

6.4.4 no caso de execução pelo processo de mistura na pista, tomar todas as precauções para que o manuseio do cimento e sua incorporação sejam feitos de forma correta, evitando danos ao meio-ambiente, aos envolvidos na obra e aos usuários.

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

- 7.3 O controle interno de qualidade consta, no mínimo, dos ensaios relacionados nos Quadros de 1 a 5.

Quadro 1 – Controle de qualidade do cimento

Controle de qualidade do cimento	
Quantidade	Descrição
Para cada 300 m³ de mistura aplicada na pista:	
01	Ensaio de finura do cimento

Quadro 2 – Controle de qualidade da cal

Controle de qualidade da cal	
Quantidade	Descrição
Para cada 300 m³ de mistura aplicada na pista:	
01	Determinação do teor de cal solúvel

Quadro 3 – Controle de qualidade dos solos

Controle de qualidade dos solos	
Quantidade	Descrição
Para cada 300 m³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez por dia trabalhado:	
01	Ensaio de granulometria

Quadro 4 – Controle de execução na pista

Controle de execução na pista	
Quantidade	Descrição
Para cada 300 m³ de mistura aplicada na pista:	
01	Determinação do grau de pulverização, antes da adição do cimento
01	Determinação do grau de pulverização, após adição do cimento
01	Determinação do teor de umidade, imediatamente antes da compactação
01	Determinação da massa específica aparente seca "in situ", após compactação
Para cada 100 m³ de mistura aplicada na pista:	
01	Determinação da espessura da camada de solo solta, antes da incorporação do cimento
01	Determinação da espessura da camada de mistura solta, com o cimento incorporado, imediatamente antes da compactação
Para cada 300 m³ de mistura aplicada na pista:	
01	Ensaio de compactação, na energia selecionada, com amostras coletadas na pista imediatamente antes da compactação
01	Camada de base: Ensaio de resistência à compressão simples aos 7 dias e 28 dias de cura, com amostras coletadas na pista imediatamente antes da compactação (dois corpos de prova) Camada de sub-base: Ensaio de ISC (duas determinações)
01	Avaliação visual da eficiência e homogeneidade do processo de cura aplicado. Determinação da taxa de aplicação da emulsão pelo método da bandeja.

Nota 01: para qualquer tipo de camada deve ser verificado seu bom desempenho através de medidas de deflexão (DNER-ME 24), após 7 dias de cura, 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.

Quadro 5 – Controle de qualidade da mistura solo-cal-cimento endurecida

Controle de qualidade da mistura solo-cal-cimento endurecida	
Quantidade	Descrição
01	Um ensaio de resistência à compressão simples aos 28 dias de idade por dia de trabalho (média de dois corpos de prova).
01	Um ensaio de resistência à tração por compressão diametral aos 28 dias de idade por dia de trabalho (média de dois corpos de prova).

Nota 02: para os ensaios de resistência à compressão simples e de tração por compressão diametral, devem ser extraídos corpos de prova com sonda rotativa ao 7º dia de cura. Caso a extração não seja viável aos 7 dias, fazer a extração aos 28 dias. Os corpos de prova devem apresentar espessura maior que a de projeto e não devem conter nenhuma patologia tal como trincamento e segregação ou heterogeneidade na distribuição dos componentes da mistura (observação visual). Os valores obtidos de resistência devem atender às especificações do projeto de dimensionamento do pavimento.

Nota 03: para qualquer tipo de camada deve ser verificado seu bom desempenho com medidas de deflexão (DNER-ME 024), espaçados 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. Aos 28 dias de cura também deverão ser obtidas bacias de deformação (DNIT-ME 133) para se estimar o intervalo de variação do módulo de elasticidade (“módulo resiliente”) da camada através do emprego da técnica de retro análise.

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:
- 8.3.1 Espessura da camada: deve ser medida a espessura, no máximo a cada 100m, pelo nivelamento do eixo e dos bordos.
- 8.3.2 Alinhamentos: a verificação dos alinhamentos do eixo e bordos, nas diversas seções correspondentes às estacas da locação, é feita à trena.
- 8.4 Verificação da proteção à cura e acabamento
- cabe à Fiscalização a avaliação sistemática da eficiência do processo de proteção à cura, com base em inspeção visual, para averiguação das condições de umedecimento da superfície e manutenção da integridade da pintura de cura;
 - as condições de acabamento da superfície são apreciadas pela Fiscalização, em bases visuais, exigindo-se maior rigor em função da posição relativa da camada na estrutura (reforço do subleito, base ou sub-base).

9 CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO

9.1 Aceitação dos materiais

9.1.1 O cimento utilizado é aceito desde que obedeça ao especificado na correspondente especificação da ABNT e apresente índice de finura satisfatório.

9.1.2 A cal utilizada é aceita desde que atenda ao especificado no item 5.1.3.

9.1.3 Os solos utilizados são aceitos desde que se apresentem satisfatórios face às exigências desta especificação, em termos de trabalhabilidade, isenção de partículas moles, matéria orgânica ou impurezas nocivas, atendendo ainda aos requisitos previstos para granulometria, para amostras individuais.

9.2 Aceitação da execução do serviço

9.2.1 Os valores individuais dos graus de pulverização obtidos devem atender ao especificado para o tipo de mistura empregado.

9.2.2 Compressão: os valores do grau de compactação, calculados estatisticamente, devem ser iguais ou superiores a 100%.

9.2.3 A resistência à compressão simples, aos sete dias de idade, deve ser no mínimo igual à adotada no projeto de mistura, para valores determinados estatisticamente.

9.2.4 A eficiência do processo de proteção de cura, avaliada visualmente pela Fiscalização, deve ser considerada satisfatória.

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

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

Sendo:

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

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

Onde:

- u - espessura média;
- 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).

- a) a espessura média determinada estatisticamente não deve ser menor do que a espessura de projeto menos 1,0 cm;
- b) não são tolerados valores individuais de espessura fora do intervalo $\pm 2,0$ cm em relação à espessura de projeto;
- c) em caso de aceitação, dentro das tolerâncias estabelecidas, de uma camada de solo-cal-cimento com espessura média inferior à de projeto, a diferença é compensada estruturalmente na (s) camada (s) a ser (em) superposta (s);
- d) em caso de aceitação de camada de solo-cal-cimento, 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);
- e) as condições de acabamento, apreciadas pela Fiscalização DER/PR em bases visuais, devem ser julgadas satisfatórias.

9.4 Condições de conformidade e não conformidade

9.4.1 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 6;
 n - número de determinações.

Quadro 6 – 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
α	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 = N° de Amostras					k = Coeficiente Multiplicador					α = Risco da Contratada				

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

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

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

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

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

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

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

9.4.3 Todo detalhe incorreto ou mal executado deve ser corrigido.

9.4.4 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 de solo-cal-cimento, executado e recebido na forma descrita, é medido pela determinação da massa de mistura aplicada e compactada, expressa em metros cúbicos, fazendo-se distinção em relação aos teores aplicados e a energia de compactação empregada. Considera-se o talude das camadas tratadas com cimento equivalente a 1:1,5, para fins de cálculo da largura média 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.
- 11.3 O preço unitário está sujeito a nova composição, baseada no teor cal e de cimento empregado.